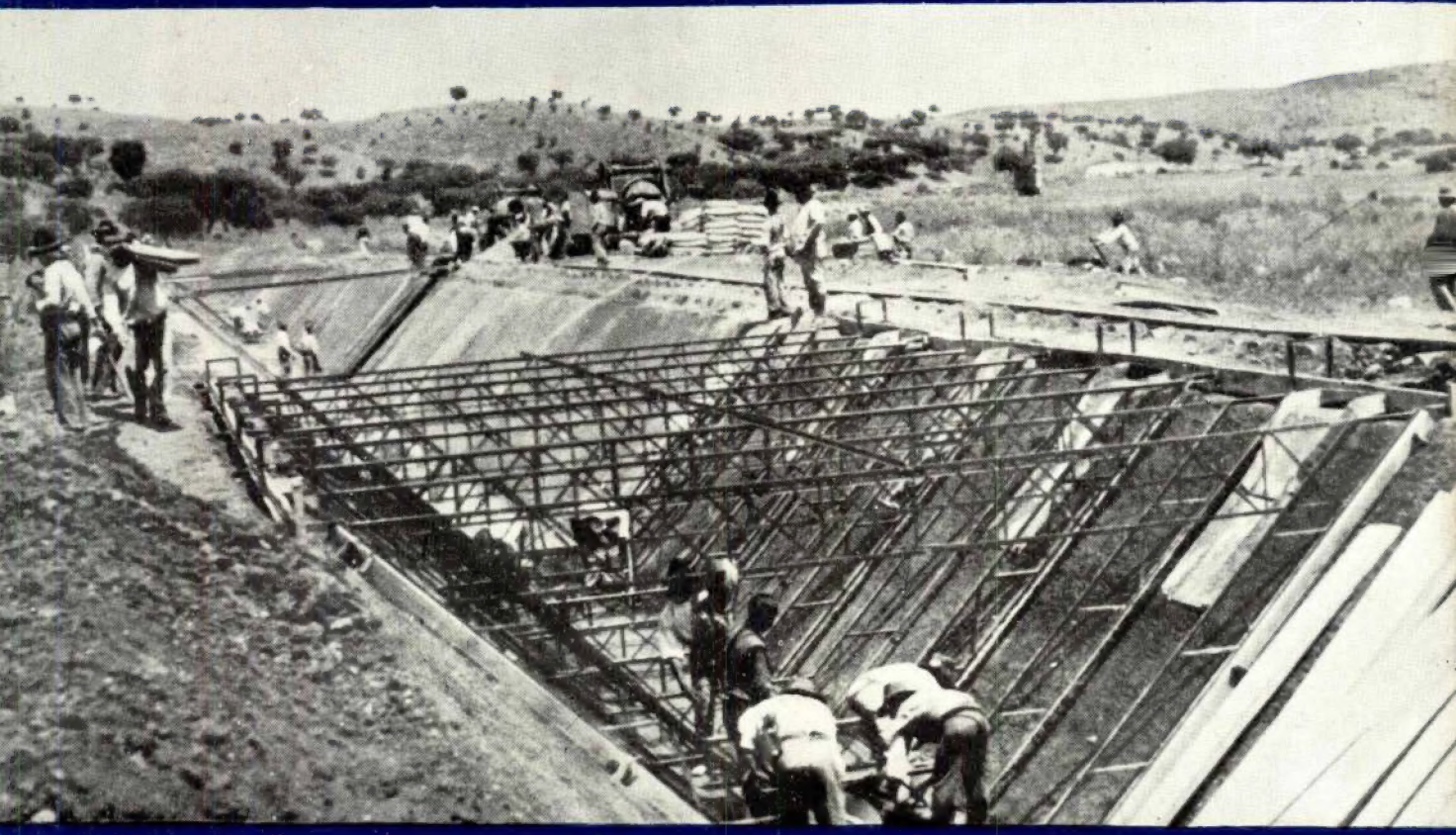
TÉCNICA



REVISTA DE ENGENHARIA
DOS ALUNOS DO I.S.T.

N.º 126-Fevereiro-1942

Granulados de mármores
para exportação e para o país
Mosaicos de granulados de mármore

OS MAIS BONITOS
OS MAIS RESISTENTES
OS MAIS VANTAJOSOS

Soc. Portuguesa CAVAN
Rua D. Estefania, 42
Telefone 47812 — Lisboa

FILIAL NO PÔRTO:
PRAÇA DA BATALHA, 90, 2.º

CIMENTO

SECIL

Fabricado pelos mais modernos processos e preferido para todos os trabalhos de responsabilidade.
Sacos de papel ou de juta com 50 Kg.
Barricas de 180 Kg.

SECIL
COMPANHIA GERAL DE CAL E CIMENTO
RUA DO COMERCIO, 56, 3.º
LISBOA

Cimento «Liz» hidrofugado «N»

PRÓPRIO PARA
IMPERMEABILIZAÇÃO DE OBRAS
REBOCOS, FUNDAÇÕES, PAREDES, ETC.

Substitue com vantagem de ordem técnica e económica todos os impermeabilizadores conhecidos.

Em sacos de papel de 50 quilos

Peçam instruções para o seu emprêgo

Sede: Rua do Cais de Santarém, 64, 1.º — LISBOA
Filial: Rua de Santo António, 190-A, 1.º — PORTO

Agentes em todo o País

NÚMERO
126
Fevereiro — 1942

TÉCNICA

REVISTA DE ENGENHARIA
DOS
ALUNOS DO INSTITUTO SUPERIOR TÉCNICO
Redacção e Administração: AV. ROVISCO PAIS, IST / LISBOA-N./ TEL. 49144 (linha 50)

DIRECTOR
NUNO ABRANTES
ADMINISTRADOR
LUIZ DE ALMEIDA ALVES
BIBLIOTECÁRIO
JOSÉ DE LUCENA
CORPO REDACTORIAL
Fernando Monjardino
Francisco de Almeida e Castro
José Passos Coelho
Fernando Moitinho de Almeida

NÚMERO AVULSO 5$00
ASSINATURAS:

	3 N.os	6 N.os	12 N.os
Continente e Ilhas	13$50	26$00	50$00
Colónias Portuguesas e Espanha...	—	35$00	60$00
Estrangeiro.....	—	40$00	70$00

EDITOR E PROPRIETÁRIO
ASS. DOS ALUNOS DO I. S. T.

COMPOSTO E IMPRESSO
NAS
OFICINAS FERNANDES
RUA CRUZ DOS POIAIS, 103
LISBOA

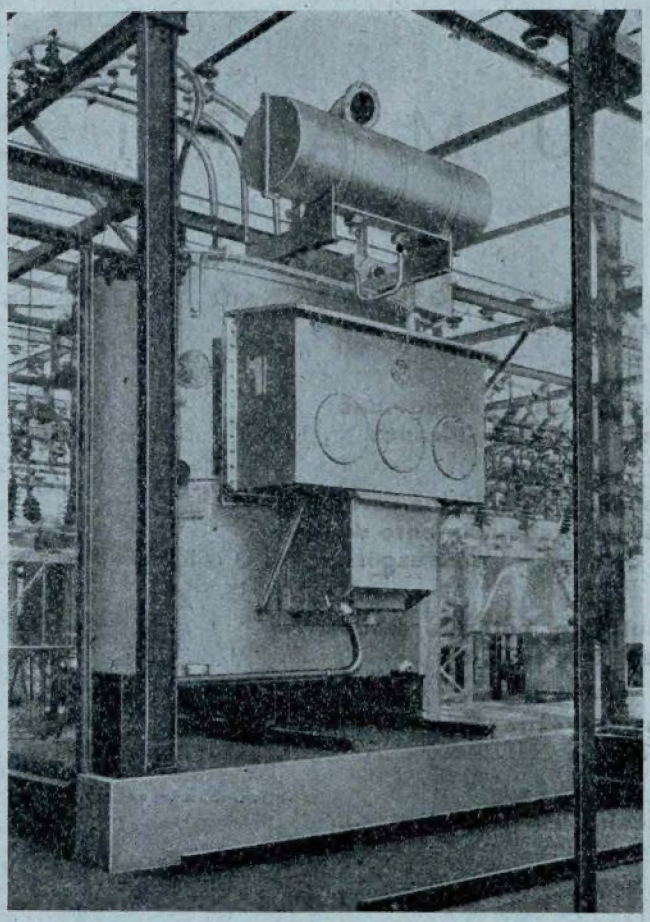
SUMÁRIO

CAPA — BARRAGEM DO VALE DE GAIO — Canal de rega — Revestimento.

		Págs.
Contribuïção para o Estudo das δ-Dicetonas e dos γ-Piranos.	Eng.º Quím.-Ind. A. Peres de Carvalho	683
Um processo expedito de verificação e estabelecimento de rêdes de colectores de esgôto	Eng.º Civil P. Celestino da Costa	694
O cálculo do betão armado aplicado aos edifícios	Eng.º J. de Cang	709
Ensaios de vigas de betão armado	Eng.º Civil Manuel Bravo	733
Vida Escolar e Associativa		737
Mundo Técnico		739
Notas Bibliográficas		740
Publicações recebidas		741

GENERAL ELECTRIC

Schenectady, N. Y.



Transformador trifásico com regulação de tensão em carga

Motores e dinamos. Alternadores. Transformadores. Aparelhos para alta e baixa tensão. Centrais termo e hidro-eléctricas. Instalações para melhorar o factor de potência. Tracção eléctrica. Máquinas, transformadores e electrodos para soldadura eléctrica. Fornos eléctricos. Automotoras eléctricas e Diesel-eléctricas. Turbinas de vapor. Aparelhos de iluminação. Instrumentos de medida. Cabos e fios. Electrificação de fábricas. Comandos eléctricos especiais para fábricas têxteis, fábricas de papel, etc. Máquinas frigoríficas.

THOMSON
GENERAL ELECTRIC

Portuguesa, L.da

LISBOA
Rua do Norte, 5

Telef. 28135-28136

RÁDIO — TELEFONES — CABOS

ELECTRICIDADE

Standard Electrica

LISBOA

RUA AUGUSTA, 27 Telefones: 2 3111 — 2 3112 — 2 3113

"LUSALITE"

fibro-cimento nacional

EM

INCOMBUSTÍVEL
LEVE
RESISTENTE
ISOLADOR
IMPUTRESCÍVEL

Tubos para pressões hidráulicas de 3 a 12 K.os/cm.2
Chapas onduladas para coberturas
Chapas lisas para revestimento de tetos, tabiques, etc.
Produtos da Sociedade Portuguesa de Fibro-cimento

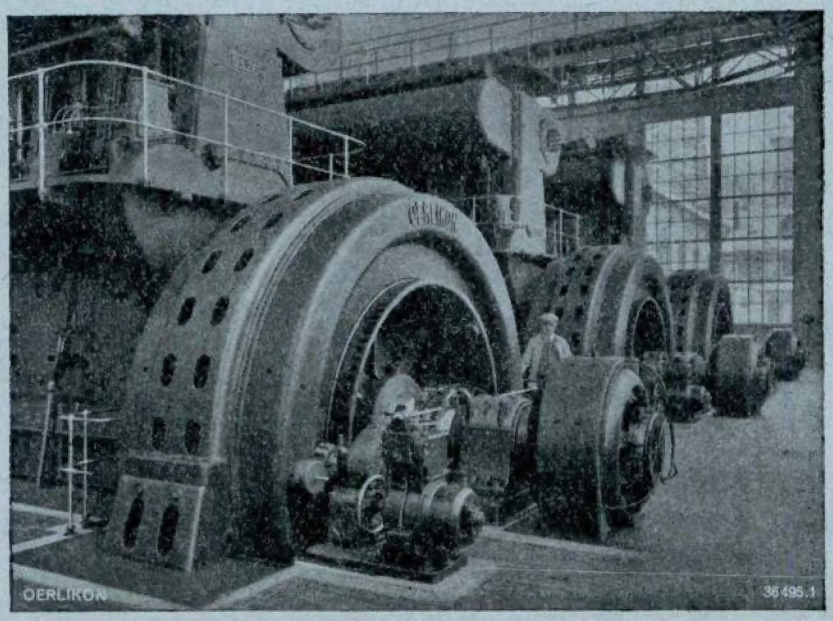
ÚNICOS CONCESSIONÁRIOS:

CORPORAÇÃO MERCANTIL PORTUGUESA, L.DA

Rua de S. Nicolau, 123

Telefones: 2 2091 — 2 2092 — 2 2093 **LISBOA** Telegramas: Lusalite

OERLIKON



Central de Kubel, Saint-Gall (Suíça), equipada com três grupos Diesel-alternadores, 3 × 6250 kVA, 10700 Volts, 187 r. p. m.

PRODUTOS OERLIKON

Equipamentos eléctricos para centrais termo e hidro-eléctricas, subestações e instalações de distribuïção. Geradores e motores eléctricos de todos os tipos, transformadores, reguladores de indução, grupos convertidores, mutadores, turbinas a vapor e turbo geradores, gruas eléctricas, interruptores e aparelhos de manobra para alta e baixa tensão, aparelhos de protecção e relais de todos os tipos, equipamentos para soldadura eléctrica por arco, compressores e bombas de vácuo, electrolisadores, equipamentos eléctricos para locomotivas, automotoras eléctricas e diesel-eléctricas (via estreita e normal), tramwais, troley-buses, funiculares, teleféricos, etc.

Representante Geral para Portugal e Colónias

P. BELLASI

Pôrto // Rua Sá da Bandeira, 494, 3.° // Telefone 968

ATELIERS DE CONSTRUCTION OERLIKON
ZURICH-OERLIKON (SUIÇA)

45 816

TÉCNICA

NUNO ABRANTES

DIRECTOR

ANO XVII - N.º 126 FEVEREIRO 1942

Contribuïção para o Estudo das δ-Dicetonas e dos γ-Piranos

PELO ENG.º QUÍMICO-INDUSTRIAL **A. PERES DE CARVALHO**

(PROFESSOR DO I. S. T.)

Constitue êste trabalho, com algumas alterações e supressões, a tese de Doutoramento em Ciências Físicas do Engenheiro A. Peres de Carvalho, na Universidade de Paris. Tendo sido apresentada, pela primeira vez, em 1935, não constitue novidade para os meios científicos; no entanto, a sua publicação não se torna inoportuna, não só porque o assunto é desconhecido para a maioria dos habituais leitores da «Técnica», mas também, e muito principalmente, porque não está certo que a nossa Revista não seja a mais fiel confidente dos trabalhos de todos os que, no nosso país ou no estrangeiro, sempre têm contribuído para elevar o Instituto Superior Técnico ao nível que êle, hoje, ocupa.

Compõe-se êste estudo de quatro partes:

I parte — Preparação das Dicetonas-δ.

II parte — Estudo da Constituïção das difenacil-diaril-metanas.

III parte — Reacções de Ciclisação das Dicetonas-δ.

IV parte — Fototropia.

I PARTE

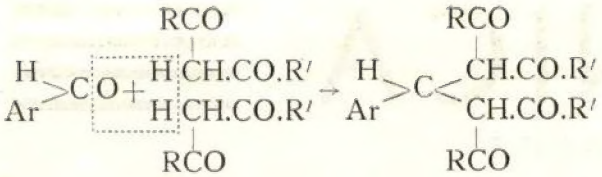
Preparação das Dicetonas-δ

A — Resumo histórico

Desde a memória de Zinin onde está descrita a benzamarona, até aos belos trabalhos de Blaise e dos seus colaboradores, encontra-se na literatura uma série grande de pesquisas relativas às dicetonas-δ.

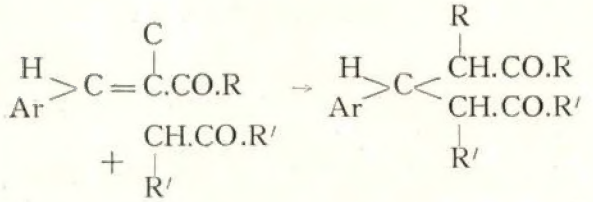
Não obstante, êsses compostos são ainda relativamente pouco conhecidos; o número de corpos descritos, sem outros agrupamentos funcionais na molécula, não é superior a quarenta.

É a Hantzsch que se deve o primeiro método que permite a obtenção de compostos δ dicetónicos simétricos pela condensação dos aldeídos com as β-dicetonas ou os esteres-β-cetónicos.



Êste processo tem-se mostrado muito fecundo nas mãos de Knoevenagel, Kostanecki, Abell, etc., e pode dizer-se que serviu para preparar a maior parte das δ-dicetonas descritas.

Por outro lado, a preparação de dicetonas-δ assimétricas tornou-se possível graças aos trabalhos de Michael, e Auwers. Estes autores obtêm compostos δ dicetónicos por adição de cetonas possuindo um agrupamento metileno activo a cetonas α, β não saturadas ou a esteres-β-cetónicos.



Abell e Knoevenagel, serviram-se desta técnica para preparar diversas δ-dicetonas.

Em 1909, Blaise e Koehler descreveram um processo geral de preparação de dicetonas baseado na acção dos derivados organozíncicos mixtos sôbre os dicloretos de ácidos bibásicos. Mas, no caso dos ácidos succínicos e glutáricos que deveriam fornecer dicetonas γ e δ, os dicloretos reagem como se correspondessem à fórmula dissimétrica e, em vez das dicetonas desejadas, obtêm-se, como produto final, γ ou δ lactonas.

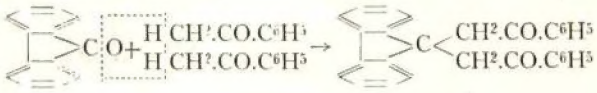
No que diz respeito aos compostos γ dicetónicos os autores, ladearam a dificuldade pelo emprêgo de ciclo-acetais mixtos; mas, embora, por êste método, seja, igualmente possível, em teoria, a obtenção de δ-dicetonas, o processo não foi ainda utilizado para a preparação dêstes corpos.

É a Blaise e, depois, a Blaise e Mll.e Montagne que se deve o único processo conhecido que permite obter as δ-dicetonas acíclicas; consiste, em fazer reagir os derivados organozíncicos sôbre as amidas glutáricas.

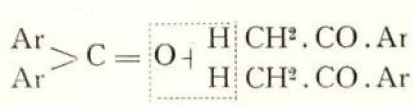
Encontram-se ainda, na literatura, algumas δ-dicetonas obtidas por outros métodos, mas são raras excepções de um carácter particular. Citemos por exemplo: A oxidação de um carbinol cetónico, a hidrólise de um ácido cetónico e a reacção de Friedel e Krafts.

B — Preparação e Descrição de duas difenacil-diaril-metanas

A reacção de preparação do difenacil-fluoreno a partir da fluorenona e de duas moléculas de acetofenona:

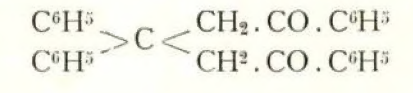


constitue o primeiro exemplo de um novo mecanismo de condensação entre cetonas



que permite obter δ-dicetonas simétricas.

A reacção faz-se com o mesmo êxito substituindo a fluorenona por outras diarilcetonas, como a benzofenona ou a p-p′-dibromobenzofenona; obtém-se, assim a difenacil-difenil-metana:



e a difenacil (p-p′ dibromo) difenil-metana.

Pelo contrário se se substitue a diarilcetona por uma aril-alcoilcetona, a condensação já não se realiza segundo o mesmo esquema e volta-se a cair num dos casos clássicos de condensação entre cetonas. A nova reacção estará naturalmente indicada para a preparação de um grupo de δ-dicetonas: as tetraril -1-3-3-5 pentanadionas -1-5, e se se tiver em consideração a facilidade de operação e a excelência dos rendimentos obtidos (da ordem de 70 %) vê-se que êste método estende, consideràvelmente o domínio das dicetonas-δ, cujas dificuldades de preparação são bem conhecidas.

1.º *Difenacil-difenil-metana* $C^{29}H^{24}O^2$

$$\begin{matrix} C^6H^5 \\ C^6H^5 \end{matrix} > C < \begin{matrix} CH^2 . CO . C^6H^5 \\ CH^2 . CO . C^6H^5 \end{matrix}$$

Os ensaios de condensação foram efectuados primeiramente, em presença de diferentes catalizadores, ácidos ou alcalinos. Os ácidos, como por exemplo, o ácido clorídrico gasoso e sêco, mostraram-se inactivos; mesmo, no fim de algumas semanas de contacto, as duas cetonas puderam ser sempre recuperadas quantitativamente. Pelo contrário se se faz intervir um agente de condensação alcalino, como o amideto de sódio, o etilato de sódio ou ainda a potassa alcoólica, a reacção começa fàcilmente e prossegue com regularidade.

a) *Preparação* — Num balão cuja rôlha é atravessada por um tubo de cloreto de cálcio misturam-se 9 gramas de benzofenona (1/ mol.) e 12 gr. de acetofenona (2 mol.), dissolvendo-se a mistura em 25 cm^3 de éter rigorosamente anidro. Juntam-se, por pequenas porções 1,5 gr. de amideto de sódio recentemente pulverizado e pesado ao abrigo da umidade. Cada adição produz uma viva efervescência e para moderar um pouco a reacção, que se pode tornar muito violenta baixa-se a temperatura do balão mergulhando-o, de tempos a tempos, em água fria. Depois de se juntar todo o amideto de sódio, o líquido fica corado de amarelo e a libertação de amoníaco é abundante e regular.

Deixa-se repousar durante 12 horas: a mistura constitue uma massa fortemente corada. Se a operação foi bem conduzida não deve ficar amideto de sódio livre.

A seguir retoma-se pela água, separa-se um óleo amarelo que sobrenada e que é lavado várias vezes com água, decantado e sêco pelo sulfato de sódio. A adição de um pouco de éter é suficiente para provocar a cristalização, que prossegue ràpidamente sendo o produto pràticamente insolúvel neste dissolvente.

Por filtração obtém-se 14 gr. de produto bruto, levemente amarelado e muito bem cristalizado. Para o purificar dissolve-se no menos possível de benzeno e junta-se à solução, enquanto arrefece, alcool, éter ou mesmo ligroina.

Duas cristalizações, seguidas de lavagens são suficientes para obter um produto puro, completamente incolor e de ponto de fusão constante. O rendimento de preparação, que aliás varia pouco se se aumentarem as quantidades de reagentes, é de 70 % calculado em relação ao pêso de acetofenona.

b) *Propriedades* — A difenacil-difenil-metana cristaliza em belos prismas de ponto de fusão 182º-183º (banho ácido). Os cristais apresentam o fenómeno da fototropia (ver 4.ª parte).

A difenacil-difenil-metana é muito solúvel no benzeno e no sulfureto de carbono; a quente dissolve-se fàcilmente no tolueno, no xileno e no ácido acético e é quási insolúvel no éter, no alcool e na ligroina.

Por dissolução no ácido sulfúrico obtém-se uma solução alaranjada que apresenta uma bela fluorescência verde por diluïção.

Uma solução de difenacil-difenil-metana não dá nenhuma coloração especial com o percloreto de ferro.

Análises:

Percentagens achadas: C % = 85,99 e 86,23; H % = = 6,25 e 6,21

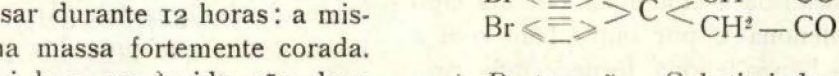
Percentagens calculadas: C % = 86,09; H % = 5,98

Determinação do pêso molecular:

Achado: M = 384 e 398

Calculado: M = 404

2.º *Difenacil* (p-p′ — *dibromo*) — *difenil-metana* $C^{29}H^{22}O^2Br^2$



a) *Preparação* — Substituindo na condensação com a acetofenona, a benzofenona pela p-p′ — dibromobenzofenona, tinha-se em vista estudar a influência dos dois substituintes em — p — sôbre o mecanismo da reacção.

Como se trata de substituintes electro-negativos a reactividade do carbonilo não é deminuída, antes pelo contrário e a condensação efectua-se ainda segundo um esquema trimolecular conduzindo a uma nova δ dicetona

Condensam-se 17 gr. de p-p′ — dibromo-benzofenona, no éter anidro em presença de 1,5 gr. de amideto de sódio. A marcha da operação assim como a separação e a purificação do produto obtido na reacção são, sôbre todos os aspectos idênticas às descritas a propósito da difenacil-difenil-metana.

Partindo das quantidades indicadas acima, obtém-se 22,5 gr. de difenacil (p-p' — dibromo) — difenil-metana o que corresponde a um rendimento de 80 % calculado em relação ao pêso de acetofenona.

b) *Propriedades* — A difenacil (p-p' — dibromo) — difenil-metana cristaliza em prismas incolores de ponto de fusão 195°-196° (em banho de ácido).

Os cristais são muito solúveis a frio no benzeno e nos seus homólogos e a quente no ácido acético; são solúveis a custo no éter e no alcool e pràticamente insolúveis na ligroina.

O ácido sulfúrico dissolve a difenacil (p-p' — dibromo) — difenil-metana, dando uma solução alaranjada não fluorescente. A difenacil (p-p' — dibromo) — difenil-metana, não é fototrópica e, no entanto, a sua constituïção tem grande analogia com a da difenacil-difenil-metana, que apresenta êste fenómeno, nìtidamente; voltaremos a considerar êste facto no capítulo consagrado à fototropia.

Análise (1):

Percentagem achada Br % = 28,26 e 28,12

Percentagem calculada Br % = 28,44

II PARTE

Estudo da constituïção das difenacil-diaril-metanas

A condensação da acetofenona, por um lado com a benzofenona e por outro lado com a *p-p'*- dibromo benzo-fenona, fornece dois produtos para os quais as análises levam a admitir uma estrutura δ dicetónica.

Sabe-se todavia, que as reacções de condensação entre cetonas podem realizar-se segundo vários esquemas; por exemplo, a acetona, considerando só a sua condensação sôbre ela própria com eliminação de água, pode fazê-la de cinco modos diferentes.

É por isso que não pareceu supérfluo insistir em fixar a constituïção dos novos produtos, duma maneira absolutamente concludente, pondo em jôgo o maior número possível de provas.

(1) Seguiu-se a técnica de semi-microanálise de Willard e Thompson em tôdas as determinações de halogéneos efectuadas no decurso dêste trabalho.

Comecei por um estudo crítico da reacção de condensação, tendo em vista as hipóteses mais admissíveis, que serão discutidas à luz dos resultados experimentais. Em seguida, caracterizei os grupos metileno activo, e, com um cuidado muito particular, a existência das 2 funções cetona e a sua posição relativa. Além disso, consegui efectuar a decomposição do corpo estudado noutros produtos, que foram identificados com corpos conhecidos. A degradação oxidante forneceu-me, ainda, um último argumento.

Como o produto resultante da condensação da benzofenona com a acetofenona é mais fàcilmente abordável, é sôbre êle que foi feita a maioria das reacções.

A — Estudo da condensação benzofenona-acetofenona

Os diferentes ensaios realizados sôbre esta reacção conduziram sempre a um e um só produto: um corpo incolor, cristalizado em prismas, de ponto de fusão 182°-183°, para o qual a análise deu a composição seguinte: 85,99 % de carbono e 6,25 % de hidrogénio. Ora, se se consideram as possibilidades de condensação da benzofenona com a acetofenona vê-se que ela pode ter lugar segundo diferentes esquemas, segundo o número de moléculas postas em jogo e tendo em conta que há possibilidade de eliminação de uma molécula de água. Chegar-se-á, assim, segundo os casos, a qualquer dos produtos indicados no quadro I.

Passemos em revista estas diferentes estruturas.

1.° *Cetona etilénica* — É um corpo amarelo a difenil-benzoil-etena, descrita por Kohler e Johnstin. Vê-se que as suas constantes se afastam sensìvelmente dos resultados experimentais obtidos para o corpo estudado. A hipótese é, pois, insustentável, tanto mais que o produto do ponto de fusão 182°-183° fornece precisamente, a difenil-benzoil-etena por pirólise (ver pág. 692).

2.° *Carbinol cetónico* — Êste produto, descrito por Dilthey e Last, fornece por deshidratação a difenil-benzoil-etena, que eu obtive, também, a partir do corpo resultante da condensação benzofenona-acetofenona.

QUADRO I

CORPOS	Fórmula bruta	Ponto de fusão	Composição calculada	Pêso molecular calculado
$\begin{matrix} C^6H^5 \\ C^6H^5 \end{matrix}\!\!>C=CH.CO.C^6H^5$	$C^{12}H^{16}O$	92-93°	88,69 5,67	284
$\begin{matrix} C^6H^5 \\ C^6H^5 \end{matrix}\!\!>COH.CH^2.CO.C^6H^5$	$C^{21}H^{18}O^2$	126-127°	83,37 6,03	302
$\begin{matrix} C^6H^5 \\ C^6H^5 \end{matrix}\!\!>C$ $O>CH.CO.C^6H^5$ $\begin{matrix} C^6H^5 \\ C^6H^5 \end{matrix}\!\!>C$	$C^{34}H^{26}O^2$	—	87,55 5,57	466
$\begin{matrix} C^6H^5 \\ C^6H^5 \end{matrix}\!\!>C.OH$ $>CH.CO.C^6H^5$ $\begin{matrix} C^6H^5 \\ C^6H^5 \end{matrix}\!\!>C.OH$	$C^{34}H^{28}O^3$	—	84,25 5,82	484
$\begin{matrix} C^6H^5 \\ C^6H^5 \end{matrix}\!\!>C<\begin{matrix} CH^2.CO.C^6H^5 \\ CH^2.CO.C^6H^5 \end{matrix}$	$C^{29}H^{24}O^2$	—	86,09 5,98	404

Trata-se, todavia, de duas reacções completamente diferentes, como se verá adiante (pág. 692), e a não concordância entre os resultados experimentais e as percentagens em carbono e hidrogénio, calculadas para esta estrutura, impede que ela seja atribuída ao corpo estudado.

3.° e 4.° *Diolcetónico* ou *éter óxido interno cetónico* — Estas duas constituïções não merecem um exame demorado. Com efeito, os valores calculados, tanto para a composição centésimal como para o pêso molecular, são muito diferentes dos que são dados pelas determinações experimentais.

5.° *δ-dicetona* — Resta a configuração δ dicetónica. Vê-se imediatamente que há concordância entre os resultados experimentais e os valores calculados tanto para o teor em carbono e hidrogénio como para o pêso molecular.

Além disso, na condensação benzofenona-acetofenona, partindo de uma molécula da primeira e de duas da segunda, o rendimento calculado em relação a esta última é de 70 %. Êste resultado não pode interpretar-se senão admitindo que duas moléculas de acetofenona se combinam com uma só de benzofenona.

A configuração δ dicetónica é, pois, a única a considerar para a constituïção do corpo do ponto de fusão 182°-183°, resultante da condensação da benzofenona com a acetofenona.

B — Caracterização dos dois grupos metileno

As substâncias que possuem um hidrogénio metilénico activo, apresentam um conjunto de reacções características devidas à mobilidade dêste átomo de hidrogénio.

Em muitos casos, esta mobilidade é tão grande que o átomo de hidrogénio pode chegar a ionisar-se; é o que acontece, por exemplo, nos compostos do tipo:

$$O = C - CH^2 - C =$$

que se prestam a uma série de reacções interessantes. Pelo contrário, nas substâncias do tipo:

$$R'' - CO - CH^2 - R'$$

ao qual pertence a difenacil-difenil-metana, o átomo de hidrogénio metilénico não manifesta o carácter ionogénico; são corpos de reactividade química mais reduzida.

Entre as reacções específicas, escolheu-se a formação de derivados de substituïção com os halogénios e a condensação com os aldeídos.

a) *Acção do bromo. Preparação da tetrafenil 1-3-3-5 dibromo 2-4 pentanadiona 1-5*
$C^{29}\ H^{22}\ O^2\ Br^2$

$$\begin{matrix} C^6H^5 \\ C^5H^5 \end{matrix} > C < \begin{matrix} CHBr.CO\ C^6H^5 \\ CHBr.CO.C^6H^5 \end{matrix}$$

Os compostos com metileno activo dão com especial facilidade derivados de substituïção com os halogénios, nomeadamente com o bromo. É o que se teve ocasião de verificar no caso da difenacil-difenil-metana que, a frio, fixa dois átomos de bromo para dar a tetrafenil 1-3-3-5 dibromo 2-4 pentanadiona 1-5.

Modo operatório: Se a uma solução sulfo-carbónica de difenacil-difenil-metana, se juntar gota a gota, e a frio uma solução a 10 % de bromo em sulfureto de carbono, o líquido torna-se turvo e o bromo é absorvido pouco a pouco, enquanto se produz uma abundante libertação de vapores de ácido bromídrico. Uma vez a absorção terminada (coloração persistente), lava-se a solução com hiposulfito de sódio a 20 %, depois com água, decanta-se e seca-se sôbre sulfato de sódio.

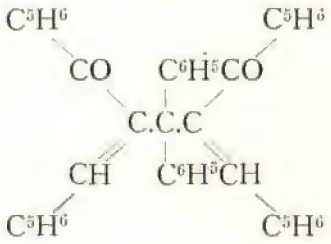
A evaporação directa do dissolvente fornece o derivado bromado cristalizado, que se purifica por recristalização numa mistura de benzenoligroína. O produto puro é completamente iucolor e funde a 133°-134° (sôbre bloco). É solúvel a frio no sulfureto de carbono, no benzeno e homólogos, e a quente em todos os outros dissolventes usuais.

O bromo mostra uma grande estabilidade na molécula; assim, pôde-se fazer uma cristalização no alcool, dissolvendo o produto à ebulição e deixando recristalizar por arrefecimento, sem observar nenhuma alteração.

Análises:

Percentagem achada: Br % = 28,30 e 28,22
Percentagem calculada: Br % = 28,24

b) *Condensação com o aldeído benzóico.* — O produto desta condensação, por perda de duas moléculas de água, de acôrdo com os resultados habituais, deveria ser a dicetona dietilénica:



Mas, uma vez analisado o corpo obtido, constatou-se que se tratava duma molécula mais rica em oxigénio. Foi preciso considerar outro mecanismo, conduzindo a um composto heterocíclico, por eliminação de uma só molécula de água, mas a reacção não é menos característica dos 2 agrupamentos metilénicos.

O estudo do produto em questão será feito mais adiante, onde se descreverão os diferentes compostos cíclicos obtidos no decurso dêste trabalho.

C — Caracterização das duas funções cetona

A acção dá hidroxilamina e da fenilhidrazina foram as primeiras reacções utilizadas para a identificação dos carbonilos.

A acção do pentacloreto de fósforo foi igualmente ensaiada, o que permitiu a obtenção do derivado tetraclorado que era de esperar. Como confirmação e também com o intuito de preparar corpos que pudessem dar origem a compostos cíclicos, estudou-se a reacção da

dicetona em questão com três reagentes organo-magnesianos que forneceram glicóis 1-5, acompanhados de diversos produtos secundários.

A hidrogenação catalítica não conduziu ao glicol bi-secundário, mas ao seu anídrido cíclico, o que é equivalente como reacção característica dos carbonilos.

I — *Preparação da dióxima e da difenil-hidrazona*

As reacções correntemente empregadas para a diagnose das funções cetona são de aplicação difícil com o corpo estudado, devido à sua fraca solubilidade no alcool. Assim, a obtenção de dióxima não foi possível senão adoptando uma técnica um pouco diferente daquela empregada habitualmente, em particular substituindo o acetato pelo etilato de sódio.

No caso da fenilhidrazina, a preparação do derivado correspondente mostrou-se ainda mais difícil e exigiu a presença dum reagente ao mesmo tempo deshidradante e agente de condensação como o amideto de sódio.

a) *Dióxima* $C^{29}H^{26}O^{2}N^{2}$

$$\begin{matrix} C^6H^5 \\ C^6H^5 \end{matrix} > C < \begin{matrix} CH^2 . \overset{\overset{C^6H^5}{|}}{C} = NOH \\ CH^2 . \underset{\underset{C^6H^5}{|}}{C} = NOH \end{matrix}$$

Modo operatório — A dicetona em suspensão no alcool é aquecida com refluxo, durante algumas horas, em presença dum excesso de cloridrato de hidroxilamina e da quantidade calculada de etilato de sódio. O emprêgo de etilato de sódio em vez dum alcali ou dum sal mineral permite operar no seio do alcool a 96° e a solubilidade da difenacil-difenil-metana é aumentada por êste facto.

A reacção prossegue muito lentamente, à medida que o produto se dissolve, mas prolongando a duração do aquecimento, chega-se a ter uma solução completamente límpida.

A adição de água faz precipitar a dióxima que é sêca e purificada por cristalização no alcool diluído: Obtém-se, por fim, um produto cristalizado em agulhas incolores e de ponto de fusão 191°-192° (sôbre bloco).

Análises:

Percentagem achada: N % = 6,49 e 6,40
Percentagem calculada: N % = 6,45

b) *Difenilhidrazona* $C^{41}H^{36}N^{4}$

$$\begin{matrix} C^6H^5 \\ C^6H^5 \end{matrix} > C < \begin{matrix} CH^2 . \overset{\overset{C^6H^5}{|}}{C} = N . NH . C^6H^5 \\ CH^2 . \underset{\underset{C^6H^5}{|}}{C} = N . NH . C^6H^5 \end{matrix}$$

Modo operatório — A 2 gr. de difenacil-difenil-metana dissolvidos em 5 cm³ de xileno anidro, juntam-se 1,2 gr. de fenilhidrazina recentemente destilada e 0,4 gr. de amideto de sódio pulverisado e pesado ao abrigo da umidade.

A operação é conduzida num pequeno balão munido dum tubo de protecção com cloreto de cálcio. Depois de duas horas de contacto, o conteúdo do balão solidifica e retoma-se por água levemente acidulada; a camada superior é lavada com água, decantada e, por fim, sêca sôbre sulfato de sódio. A seguir expulsa-se o xileno no vazio, retoma-se o resíduo por algumas gotas de benzeno e junta-se um excesso de alcool; a difenilhidrazona cristaliza imediatamente em finas agulhas incolores. Purifica-se o produto, fazendo-o recristalizar na mistura dos mesmos dissolventes o que fornece um produto puro, que funde a 184°,5-185°,5 (sôbre bloco). A difenilhidrazona da difenacil-difenil-metana não é muito estável; com o tempo os cristais tornam-se amarelos e acabam por se decompor.

Análises:

Percentagens achadas: N % = 9,64 e 9,52
Percentagem calculada: N % = 9,59

II — *Acção do pentacloreto de fósforo. Preparação da tetrafenil 1-3-3-5 tetracloro 1-1-5-5 pentana* $C^{29}H^{24}Cl^{4}$

$$\begin{matrix} C^6H^5 \\ C^6H^5 \end{matrix} > C < \begin{matrix} CH^2 . CCl^2 . C^6H^5 \\ CH^2 . CCl^2 . C^6H^5 \end{matrix}$$

A difenacil-difenil-metana tratada pelo pentacloreto de fósforo forneceu um derivado tetraclorado. Admite-se a fórmula indicada,

sem aprofundar a sua constituïção; com efeito, segundo os trabalhos de Bourguel, sabe-se que a acção do pentacloreto de fósforo sôbre as cetonas pode conduzir a diferentes derivados clorados, possuindo os dois átomos de cloro, fixos quer em α, α, quer em α, β.

Como conseqüência dos trabalhos de Lapworth, de Meyer etc., e sobretudo do Lowry, admite-se hoje que a reacção dos halogéneos com os corpos de carbonilo é, em geral, precedida da passagem do composto à forma enólica. Todavia a demonstração da existência da tautomeria ceto-enólica, que foi feita para as dicetonas α (33) e para as β (3,4), falta, ainda, para o caso das γ e das δ.

Na difenacil-difenil-metana, a passagem à forma enólica deve também, ter lugar, como o provam as reacções de ciclisação (ver capítulo III), mas não se poude demonstrar a sua existência, isolando-a.

Modo operatório — A obtenção do derivado tetraclorado é muito fácil; basta fazer ferver alguns minutos, uma solução da difenacil-difenil-metana no xileno anidro com a quantidade calculada de pentacloreto de fósforo.

Num pequeno balão, cuja rôlha é atravessada pelo tubo dum refrigerante de refluxo, introduz-se 0,4 gr. de difenacil-difenil-metana dissolvido em 10 cm³ de xileno anidro e juntam-se 0,2 gr. de pentacloreto de fósforo, pesados ràpidamente. Aquece-se à ebulição durante 10 a 15 minutos e a solução obtida é lavada com água, decantada e sêca. Expulsando o xileno no vazio até quási à secura e juntando ligroina, o produto cristaliza em compridas agulhas incolores e purifica-se por uma nova cristalização. O corpo puro funde a 159°-160° (sôbre bloco).

Análises:
Percentagens achadas: C % = 27,43 e 27,49
Percentagem calculada: C % = 27,61

III — *Acção dos organo-magnesianos*

A difenacil-difenil-metana, reagindo com os organo-magnesianos R-Mg-X, deveria fornecer, de acôrdo com a reacção normal das dicetonas, dióis 1-5 do tipo

$$\begin{matrix} C^6H^5 \\ R \end{matrix} > COH.CH^2.\overset{\overset{C^6H^5}{|}}{\underset{\underset{C^6H^5}{|}}{C}}.CH^2.COH < \begin{matrix} C^6H^5 \\ R \end{matrix}$$

Efectivamente obtive três dêstes derivados, onde R é respectivamente igual a CH^3 C^2H^5 e C^6H^5.

Mas sabe-se que as reacções de preparação dos alcoois terciários por acção dos derivados organo-magnesianos sôbre as cetonas, são, na maior parte das vezes acompanhadas de reacções secundárias que fazem baixar o rendimento em carbinol. As mais freqüentes são a deshidratação do alcool anteriormente formado, a redução ou ainda a enolização da cetona e a formação de éter-óxidos. No caso particular das dicetonas, pode dar-se, também uma reacção incompleta, realizando-se sôbre um único dos carbonilos.

É ainda um facto estabelecido que a aparição de reacções secundárias assim como a sua ordem de grandeza varia com a cetona em questão e ainda com a natureza do reagente magnesiano e que mesmo as condições operatórias podem ter uma grande influência.

É o que eu tive ocasião de verificar, estudando a reacção da dicetona com o iodeto de metil-magnésio e com os brometos de etil e fenil-magnésio. Ao passo que êste último fornece o diol acompanhado de um produto de deshidratação, na acção do brometo de etil-magnésio, obtém-se como corpo secundário um produto da reacção incompleta do magnesiano sôbre a cetona. Pelo contrário, o iodeto de metil-magnésio reagiu de uma maneira regular, fornecendo directamente o diol com um bom rendimento e sem que se tenha podido isolar produtos secundários em quantidade apreciável.

a) *Acção de* C^6H^5-Mg Br. *Preparação do hexafenil 1-1-3-3-5-5 pentanadiol 1-5* $C^{44}H^{26}O^2$

$$\begin{matrix} C^6H^5 \\ C^6H^5 \end{matrix} > COH.CH^2.\overset{\overset{C^6H^5}{|}}{\underset{\underset{C^6H^5}{|}}{C}}.CH^2.COH < \begin{matrix} C^6H^5 \\ C^6H^5 \end{matrix}$$

Modo operatório — No aparelho habitual de preparação dos magnesianos, começa-se por preparar o brometo de fenil-magnésio, partindo de 0,5 gr. de magnésio e de 3,5 gr. de bromobenzeno, dissolvido em 10 cm³ de éter rigorosamente anidro. Uma vez terminada a reacção, deita-se, gota a gota, uma solução de 4 gr. de difenacil-difenil-metana, em 15 cm³ de benzeno anidro, aumentando simultâneamente, a velo-

cidade de agitação. Decompõe-se imediatamente, pelo gêlo moído, junta-se um pouco de cloreto de amónio para dissolver a magnésia formada e decanta-se a camada etérea. Esta solução é lavada várias vezes com água e, depois, sêca sôbre sulfato de sódio. Expulsa-se o éter no vazio e obtém-se um óleo incolor, que se aglomera numa massa cristalina depois de algumas horas.

Separaram-se duas espécies de cristais, prismas de ponto de fusão instantânea 193°-194° e pequenos aglomerados de agulhas fundindo a 207°-208° (sôbre bloco). A separação dêstes dois corpos não é fácil porque as solubilidades são vizinhas; é preciso operar por cristalizações fraccionadas numa mistura alcool-benzeno e escolher os cristais. À medida que as soluções se vão tornando mais ricas num dos produtos, a separação passa a ser mais fácil, se se teve o cuidado de proceder a uma boa escorvagem.

O corpo de ponto de fusão 193°-194°, cristalizado em prismas ou romboedros, é o diol procurado. É muito solúvel no benzeno e seus homólogos, solúvel no éter, pouco solúvel no alcool e insolúvel na ligroina. Purificado por cristalização na mistura alcool-benzeno, retém uma molécula de alcool de cristalização que perde a cêrca de 140°. Privado de dissolvente por aquecimento sob vazio, ou por cristalização num outro dissolvente, o seu ponto de fusão instantânea é de 193°-194°.

Análises:

Percentagens achadas: C % = 87,45 e 87,64; H % = = 6,71 e 6.56

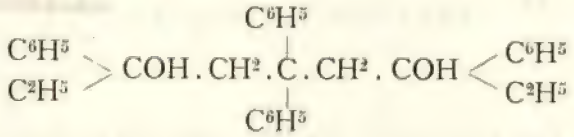
Percentagens calculadas: C % = 87,81; H % = 6,47

O segundo corpo isolado, de ponto de fusão 207°-208° é devido à acção deshidratante do reagente magnesiano sôbre o diol e esta reacção acompanha sempre a reacção principal, podendo mesmo tornar-se preponderante se a operação é conduzida lentamente. Mas, se se modifica um pouco a técnica, por exemplo, se, em vez de deitar a solução de dicetona na solução magnesiana, se procede por ordem inversa, pode preparar-se o hexafenil-pentanadiol com um rendimento de 70 %.

O corpo de fusão 207°-208°, que foi identificado com um derivado cíclico de deshidratação do diol, será estudado na 3.ª parte.

b) *Acção do* $C^2H^5-Mg\,Br$. *Preparação do tetrafenil 1-3-3-5 dietil 1-5 pentanadiol 1-5*

$C^{33}H^{36}O^2$



O modo operatório já descrito, permitiu preparar êste diol, partindo do brometo de etil magnésio e da difenacil-difenil-metana.

Do produto bruto de reacção foram separadas duas espécies de cristais: prismas de ponto de fusão 189°-190° e agulhas fundindo a 167°–168°.

O primeiro corpo é o diol esperado, que se separa do outro produto por cristalizações fraccionadas numa mistura benzeno-alcool ou benzeno-ligroina, tendo o cuidado de escorvar bem a cristalização com gérmens duma operação precedente.

O tetrafenil-dietil-pentana-diol purificado em meio alcoólico possue uma molécula de alcool de cristalização que perde por fusão a cêrca de 130°; privado de dissolvente, funde a 189°-190° (sôbre bloco).

Nas primeiras operações efectuadas, o rendimento em diol não excedeu 20 %; não foi senão depois de ter estudado o corpo de ponto fusão 167°-168°, quer dizer, a reacção secundária que acompanha a formação do diol, que a técnica poude ser modificada de modo a aumentar o rendimento. Como se verá no capítulo seguinte, o produto de ponto de fusão 167°–168° forma-se na acção incompleta do magnesiano sôbre a dicetona, pois, contràriamente ao que se passa no caso de hexafenil-pentana-diol, teve de se modificar o modo operatório de modo a ter sempre um excesso de magnesiano. Operando assim, o tetrafenil-dietil-pentana-diol foi obtido com um rendimento de 60 %.

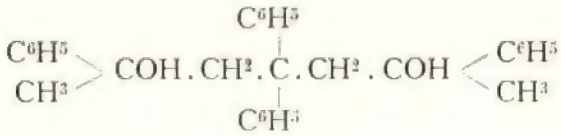
Análises:

Percentagens achadas: C % = 85,00 e 84,90; H % = = 7,86 e 7,90

Percentagens calculadas: C % 85,29; H % = 7,81

c) *Acção do* $CH_3-Mg\,I$. *Preparação do tetrafenil 1-3-3-5 dimetil 1-5 pentanadiol 1-5*

$C^{31}H^{32}O^2$



Êste glicol poude ser preparado por acção do iodeto de metil-magnésio sôbre a difenacil-difenil-metana, seguindo o modo operatório já descrito. Mas, ao contrário dos dois exemplos precedentes, a acção do iodeto de metil-magnésio mostrou-se muito regular, conduzindo imediatamente ao glicol com um rendimento de 70 % e sem que, dos resíduos, se tenha podido isolar produtos secundários.

O tetrafenil-dimetil-pentanadiol cristaliza em compridas agulhas incolores, fundindo a 166°-167° (bloco). Quando a purificação fôr feita em meio alcoólico o produto conserva uma molécula de alcool de cristalização e os cristais tomam o fácies prismático; neste caso apresentam um primeiro ponto de fusão com perda do solvente a 110°. O tetrafenil-dimetil-pentanadiol é bastante solúvel no benzeno, nos seus homólogos e no éter; é insolúvel nos outros dissolventes usuais.

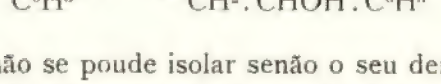
Análises:

Percentagens achadas: C % = 85,00 e 85,07; H % = 7,70 e 7,59

Percentagens calculadas: C % = 85,27; H % = 7,33

IV — *Hidrogenação catalítica*

A difenacil-difenil-metana foi submetida à hidrogenação catalítica, com o objectivo de obter o diol bi-secundário.

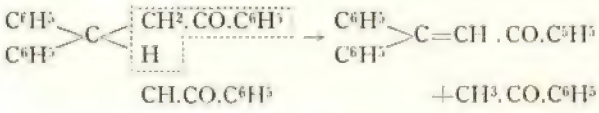


mas não se poude isolar senão o seu derivado de ciclisação com eliminação de água. Todavia, a obtenção dêste corpo ciclisado mostra que o diol se deveria formar intermediàriamente, o que traz um argumento a mais à caracterização das duas funções cetona.

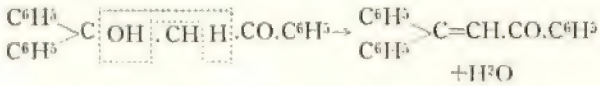
O estudo do derivado cíclico obtido será feito no capítulo seguinte.

D — Pirólise

A acção do calor sôbre a dicetona estudada forneceu uma prova concludente em favor da sua constituïção δ dicetónica. Com efeito, êste composto sofre uma decomposição por pirólise, dando lugar à formação de dois corpos conhecidos, que foram identificados: a acetofenona e a difenil-benzoil-etena



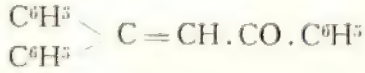
Esta reacção, cuja evolução não é influenciada pela presença de deshidratantes, não pode ser comparada com a que fornece também a difenil-benzoil-etena, a partir do carbinol cetónico de Dilthey e Last:



facto já sublinhado na pág. 687).

Modo operatório: Se se aquecer o corpo estudado a cêrca de 200°, nota-se que, depois da fusão, o líquido se torna amarelo, e que esta mudança é acompanhada de uma abundante libertação de vapores que se vão condensar na parte fria do tubo, ao mesmo tempo que se nota um cheiro intenso de acetofenona. O tubo deve manter-se inclinado de maneira a evitar a mistura do líquido condensado sôbre as paredes com o resíduo amarelo.

O resíduo é constituído por uma massa amorfa amarela que se dissolve fàcilmente no alcool fervente. Por resfriamento, esta solução deposita belos cristais amarelos que têm como ponto de fusão 92°-93° (sôbre bloco). Êste corpo mostra-se idêntico à difenil-benzoil-etena de Kohler e Johnstin



que funde a 92°-93°; com efeito, o ponto de fusão da mistura é o mesmo.

Como confirmação dêste resultado, recorreu-se a uma reação muito característica: a transformação em tetrafenil 1-1'-3-3' rubeno, que C. Moureu, C. Dufraisse e N. Drisch

obtiveram a partir da difenil-benzoil-etena. Tratado nas mesmas condições, o corpo amarelo obtido na pirólise da dicetona estudada forneceu precisamente o composto rubénico esperado, caracterizado pelas bandas do seu espectro de absorção (4650, 4950 e 5300 A).

Logo, o produto amarelo proveniente da decomposição da difenacil-difenil-metana é de facto a difenil-benzoil-etena.

O líquido que se condensou sôbre as paredes do tubo durante o aquecimento tinha um cheiro intenso a acetofenona. Depois de o ter separado em duas partes tratou-se uma pela fenilhidrazina e a outra pelo cloridrato de semi-carbazido, nas condições habituais destas reacções. Os produtos obtidos foram purificados e, em seguida, os seus pontos de fusão comparados com os dos derivados correspondentes, preparados a partir da acetofenona pura (104°-105° para a fenilhidrazona e 200°-201° para a semicarbazona). A identidade dos produtos comparados foi plenamente confirmada pela concordância das temperaturas de fusão observadas.

Em resumo, o produto de condensação da acetofenona com a benzofenona forneceu pela pirólise dois corpos que foram identificados: a difenil-benzoil-etena e a acetofenona, resultado que está em perfeito acôrdo com a estrutura δ dicetónica que lhe tinha sido atribuída.

E — Cisão oxidante

A molécula da difenacil-difenil-metana submetida à acção dos oxidantes deve cindir-se com a formação de duas moléculas de ácido benzóico e de uma molécula de ácido difenil-malónico

$$\begin{matrix} C^6H^5 \\ C^6H^5 \end{matrix}\!\!>C<\begin{matrix} CH^2 \\ CH^2 \end{matrix}\!\!\begin{matrix} CO.C^6H^5 \\ CO.C^6H^5 \end{matrix} \rightarrow \begin{matrix} C^6H^5 \\ C^6H^5 \end{matrix}\!\!>C<\begin{matrix} CO^2H \\ CO^2H \end{matrix} + 2.CO^2H.C^6H^5$$

Como o ácido difenil-malónico não é estável, o que se obtém, na realidade, é o seu produto de descarboxilação, o ácido difenil acético:

$$\begin{matrix} C^6H^5 \\ C^6H^5 \end{matrix}\!\!>C<\begin{matrix} CO^2H \\ CO^2H \end{matrix} \rightarrow \begin{matrix} C^6H^5 \\ C^6H^5 \end{matrix}\!\!>C<\begin{matrix} CO^2H \\ H \end{matrix} + CO^2$$

Modo operatório: 2 gr. de difenacil-difenil-metana são dissolvidos em 20 cm³ de ácido acético cristalizável; junta-se 5 a 6 vezes a quantidade calculada de ácido crómico puro e aquece-se com refluxo durante 3 horas. Em seguida, a solução é diluída e neutralizada, precipitando um produto amarelado que se purifica por 2 cristalizações no alcool a 50 %. Êste corpo é incolor e funde a 148°-149°; mostrou-se idêntico ao ácido difenil acético de ponto de fusão 148°-149°. O resíduo de separação do ácido difenil acético é esgotado pelo éter, a camada etérea decantada e o éter expulso no vazio. Retoma-se o resíduo pela água fervente, filtra-se e deixa-se arrefecer; separa-se um corpo cristalizado em palhetas brilhantes de ponto de fusão 120°-121°. Êste produto não é senão o ácido benzóico, como o demonstra o ponto de fusão da mistura.

(Continua)

Um processo expedito de verificação e estabelecimento de rêdes de colectores de esgôto

PELO ENG. CIVIL (I. S. T.) P. CELESTINO DA COSTA[1]

O processo de verificação e estabelecimento de rêdes de colectores de esgôto que deriva do emprêgo das tabelas que a seguir se apresentam, tem por fim simplificar o mais possível os cálculos que normalmente se têm que fazer para averiguar das condições de funcionamento dos vários troços de uma rêde de esgotos de sistema unitário ou separativo. A utilização dessas tabelas, uma vez determinados os caudais referentes a cada trôço da rêde, simplifica na realidade a questão e a tal ponto que, na grande maioria dos casos, os cálculos se tornam desnecessários limitando-se a operação a averiguar se o caudal de cada trôço está compreendido entre os caudais mínimo e máximo indicados nas tabelas, para a secção e inclinação respectivas.

O cálculo de uma rêde de esgôto faz-se, como se sabe, determinando, para cada trôço, o respectivo caudal e, para a secção e inclinação dadas, as respectivas velocidade e altura de enchimento (altura de lâmina líquida). Estas velocidade e altura tem limites superior e inferior que não se devem ultrapassar, se se quer ter uma rêde que funcione bem, que seja de exploração económica e ao mesmo tempo que dure. Isto é assim porque as velocidades e alturas de lâmina muito pequenas podem ocasionar depósitos e conseqüentes obstruções ou então cuidados de limpeza e vigilância bastante grandes. Por outro lado, as velocidades muito grandes podem levar a um rápido desgaste das canalizações; quanto a exceder-se as alturas máximas de enchimento os inconvenientes que resultam são os de se poder ir até ao funcionamento das canalizações em carga, a qual pode ser tal que se produzam transbordamentos ou inundações nas ruas e casas.

As tabelas, diagramas e ábacos que existem para simplificar os cálculos de uma rêde de colectores de esgôto são organizados de modo que, uma vez conhecidas a inclinação e a secção do colector se obtém imediatamente o caudal e velocidade correspondentes ao caso do colector cheio (altura máxima de lâmina líquida).

Querendo-se saber, por exemplo, a velocidade e caudal para outra altura de enchimento recorre-se a tabelas ou a diagramas que dão para determinada relação das alturas de lâmina líquida, as relações respectivas de caudais e velocidades para os casos do colector correr cheio e com a altura de lâmina requerida. Citamos, por exemplo, os ábacos apresentados por Imhoff baseadas na fórmula de Kutter e ainda os que resolvem a fórmula de Crips, muito utilizada por inglêses e americanos. Entre as tabelas e diagramas baseadas na fórmula de Kutter as mais completas e rigorosas que conhecemos são as publicadas pelo senhor eng.º J. Gomes Alvarez nas «Técnica n.º 104» (colectores circulares) e «Técnica n.º 119» (colectores ovóides).

---

[1] Da Secção de Melhoramentos de Águas e Saneamento.

Nas tabelas que apresentamos fixam-se prèviamente quais os limites superior e inferior de velocidade e altura de enchimento a admitir e, para cada inclinação, indicam-se os caudais respectivos.

Nestas condições, para uma dada inclinação e secção, tem-se os caudais máximo e mínimo utilizáveis e basta verificar se o caudal dado está compreendido entre êsses dois. Podem-se ainda resolver os seguintes problemas: para uma dada secção e caudal quais os limites de inclinação que se podem adoptar e para uma dada inclinação e caudal qual a secção mais conveniente. Isto, além de permitir, uma rápida verificação das condições de funcionamento de uma rêde já projectada, facilita muito o estudo do estabelecimento do melhor traçado em perfil, o que se consegue jogando com os declives e secções de modo a conseguir-se a solução mais conveniente; está sobretudo indicado êste processo para rêdes ou partes de rêdes em que as diferenças de cota sejam tais que permitam varias soluções e muito especialmente quando as cotas dos colectores finais são prèviamente fixadas, como tantas vezes sucede.

1 — Limites utilizados

A finalidade das tabelas que se apresentam não é a de fixar os limites superior e inferior que se devem sempre utilizar. É apenas a de permitir, *na grande maioria dos casos*, eliminar a necessidade de proceder a cálculos laboriosos, utilizando-se para isso determinados limites que se podem aplicar, *na grande maioria dos casos*.

Os limites utilizados nas presentes tabelas são os mais usualmente empregados na elaboração ou apreciação de projectos pela Secção de Melhoramentos de Águas e Saneamentos. Convém, no entanto, para esclarecimento ou justificação dos limites admitidos, fazer as seguintes considerações:

a) *Altura máxima de lâmina liquida*

No que respeita às máximas alturas de enchimento há autores que não fixam limites e há quem os fixe em determinada percentagem da altura total. Pode-se talvez dizer que os limites mais usados variam entre 2/3 e 3/4 da altura total, mas depreende-se do que escrevem alguns autores que também se poderá considerar como máximo caudal transportável o correspondente à secção cheia [1]. Adoptámos nas presentes tabelas, como máxima altura de enchimento, 0,80 da altura total. Para os colectores circulares adoptou-se exactamente 0,815 da altura total pois a esta altura corresponde a máxima velocidade e um caudal igual ao da secção cheia (segundo a fórmula de Kutter). Deve notar-se o seguinte: A fixação dêste limite superior tem sobretudo em vista o de oferecer uma certa margem de segurança em relação não só aos valores dados pelas fórmulas hidráulicas como ainda aos valores dos caudais avaliados. Procura-se evitar que a canalização entre em pressão mas deve notar-se que o facto em si da canalização entrar em pressão não será, julgamos nós, um inconveniente de maior para canalizações que, quando bem assentes ou construídas, devem poder suportar pressões interiores bem superiores às que eventualmente poderão advir da canalização entrar ligeiramente em carga. O que interessa mais, segundo nos parece, é que do facto da canalização trabalhar em carga se não venham a verificar inconvenientes como sejam o da subida do nível piezométrico acima de cotas como as da rua ou instalações sanitárias dos prédios e isto não só por ter subido o nível no colector considerado como ainda nos colectores afluentes, de secção menor e, portanto, de muito maior perda de carga (unitária). Naturalmente que uma vez que inconvenientes

---

(1) Ver *Imhoff* e *Manual Colombo*.

dêste género se venham a dar é porque a margem de segurança foi largamente excedida; contudo, julgamos bem que, pelo menos na grande maioria dos casos, a causa da subida inconveniente do nível de água nos colectores não será devida a grandes diferenças entre os caudais reais e os previstos mas porque, existindo colectores finais desaguando a cotas inferiores às das mais altas águas ou marés, êsses colectores funcionam como condutas forçadas e o seu cálculo como canais não tem significado. Não é preciso ir mais longe do que certas zonas baixas da cidade de Lisboa para se ver e experimentar a importância e periocidade de inconvenientes como os acima citados.

Em suma: parece mais razoável, uma vez que se organizam tabelas fixando uma altura máxima de enchimento, adoptar para esta um valor alto e procurar-se a margem de segurança sobretudo na avaliação dos caudais a drenar e ainda com o estudo pormenorizado dos casos particulares em que o trabalho em carga dos colectores possa trazer inconvenientes notórios.

b) *Máxima velocidade*

Ao fixar-se ou adoptar-se um limite superior de velocidade procura-se, como se sabe, evitar um rápido desgaste das canalizações. Em princípio, a questão deve ser posta tendo em vista as características do material das canalizações e assim é natural permitir maiores velocidades quando se trate de águas levando em suspensão menores quantidades de material ou de canalizações construídas com material mais resistente.

Pràticamente, dados os materiais usualmente empregados e as não muito grandes diferenças no que respeita ao material transportado, nos casos mais correntes costuma fixar-se a ordem de grandeza dêsse limite em 3 m/seg. Alguns autores dizem que, tratando-se de caudais correspondentes a chuvadas muito raras se pode ir até 5 e 6 m/seg. Há, porém, quem indique valores inferiores a 3 m/seg e assim Genzmer [1] aconselha a não ultrapassar 2 m/seg nas canalizações de betão.

Tratando-se de rêdes do sistema separativo é razoável admitir valores superiores aos estabelecidos para as rêdes unitárias, já que, normalmente, o esgôto não transporta areias em suspensão, ja que o material mais empregado é o grés vidrado, material particularmente resistente ao desgaste, a ponto de muitas vezes se revestirem com êle canalizações construídas com outros materiais.

Nas tabelas que se apresentam estabelece-se uma coluna referente ao limite máximo de 3 m/seg. Numa outra coluna estão indicados os caudais para os quais a velocidade sendo superior a 3 m/seg é, porém, inferior a 5 m/seg.

c) *Velocidade mínima*

Ao fixar êste limite não se pretende pròpriamente evitar que, durante certos períodos do dia, se dê uma decerta decantação nos colectores; pretende-se, porém, que o caudal máximo diário passe com uma velocidade suficiente para arrastar os depósitos eventualmente formados. É natural estabelecer limites diferentes conforme se trate de rêdes unitárias ou separativas dado que estas últimas não transportam areias. Os inglêses e americanos fixam valores relativamente altos, geralmente 2 a 2 $^1/_2$ pés/segundo (~ 0,6 a 75 m/seg) no separativo e 2 $^1/_2$ a 3 pés no unitário. Os autores europeus geralmente aconselham valores mais baixos como sejam 0,5 e 0,4 m/seg. Deve contudo notar-se que os inglêses e americanos não pormenorizam muito o estudo das condições de escoamento para os caudais mínimos, parecendo que fazem quási sempre a fixação da velocidade para

---

[1] Vidē: *Manual Foerster*.

o tubo meio ou um quarto cheio e empregando correntes de varrer quando os caudais são inferiores aos correspondentes ao tubo meio ou um quarto cheio. Isto é talvez devido a que, tratando-se de elevadas capitações e populações relativamente muito numerosas, os caudais mínimos a considerar são muito superiores à média dos caudais mínimos em populações europeias. E se é certo que, no que se refere aos troços iniciais êste argumento não tem muita aplicação (pois aí os caudais serão sempre pequenos) não é menos certo que é precisamente no início dêsses troços que se costuma introduzir, como regra, câmaras de correntes de varrer.

Seja como fôr, parece mais razoável adoptar valores da ordem de grandeza dos valores indicados por autores europeus. Assim, adoptamos nas tabelas os valores de 0,6 m/seg e 0,3 m/seg, o primeiro sobretudo aplicável nas redes unitárias e o segundo nas separativas. Êste último valor é o limite já de há muito utilizado ou indicado em projectos elaborados ou apreciados na Secção de Melhoramentos de Águas e Saneamento.

Como na grande maioria dos casos se empregam apenas colectores circulares nas rêdes separativas, a coluna referente à velocidade 0,3 m/seg não figura nas tabelas dos colectores ovoides.

d) *Altura mínima de lâmina líquida*

Muitos autores não se referem a qualquer limitação inferior da altura da lâmina líquida. Alguns, como Dubosch e Genzmer aconselham a que a altura de lâmina líquida não seja inferior a 2^{cm}. Valores desta ordem de grandeza costumam ser utilizados pela Secção de Melhoramentos de Águas e Saneamento. Pretende-se ao fixar êste valor ter em conta o facto de que com alturas de lâmina muito pequenas podem as velocidades ser grandes que não se dá o arrastamento dos materiais depositados. O assunto parece estar muito pouco estudado, sobretudo no caso de redes de esgotos. Na elaboração das tabelas tivemos em conta esta limitação e assim, logo que o caudal correspondente à velocidade de 0,3 m/seg (ou 0,6) corresponde a uma altura de enchimento inferior a 2^{cm} é o caudal correspondente a esta altura de enchimento que figura. Nestas condições, a partir de uma dada inclinação — inclinação para a qual o caudal correspondente a uma altura de lâmina líquida de 2^{cm} corre com uma velocidade de 0,3 m/seg. (ou 0,6) — os valores dos caudais mínimos passam a aumentar à medida que aumenta a inclinação. Conclue-se então que pode haver casos em que se melhoram as condições de funcionamento de uma canalização (no que respeita a facilidade de obstruções) diminuindo-lhe a inclinação. Isto é uma conseqüência de existirem dois limites inferiores, um para a velocidade, outro para a altura de enchimento, e de se dever adoptar, para cada caso, o mais desfavorável dos dois.

Quando não for possível conseguir que o caudal dado seja superior ao indicado nas tabelas, devem-se estabelecer, para o trôço respectivo câmaras de correntes de varrer; costuma-se admitir que as correntes de varrer actuam eficientemente numa extensão de 200 a 300 metros.

2 — Aplicação das tabelas

Como já se disse o processo que resulta do emprêgo das tabelas que se apresentam é aplicavel na grande maioria dos casos. Quando porém, se adoptem limites diferentes dos utilizados na elaboração das tabelas será necessário proceder aos cálculos correntes. Igualmente quando seja necessário conhecer as alturas da lâmina líquida (e não apenas se estão entre os limites fixados) como seja o caso de troços contíguos a descarregadores ou quando seja preciso determinar as alturas de lâmina entre dois troços consecutivos ou entre um ramal e um colector principal, tem que se calcular essas alturas ao modo corrente pois as

presentes tabelas não as dão. No caso de colectores funcionando em carga o processo que resulta do emprêgo das tabelas também não tem aplicação.

No que respeita à necessidade de se conhecerem as alturas de lâmina líquída de dois troços consecutivos ha que notar o seguinte: sempre que se adopte a regra, por assim dizer clássica, de estabelecimento de rêdes de esgôto, de fazer a ligação de troços consecutivos de secção diferente mantendo a continuïdade das partes superiores dos colectores (e não a das soleiras) nunca se dará o caso da máxima altura de enchimento (0,8 da altura total) do trôço de juzante poder atingir cota superior à da máxima altura de enchimento (0,8 da altura total) no trôço de montante (fig. 1). Não haverá, portanto, interêsse algum em saber as alturas efectivas nos troços de montante e juzante. Em muitos casos, porém, ou por insuficiência das diferenças de cota disponíveis ou para não aumentar demasiado as alturas das trincheiras, tem que se fazer a ligação mantendo a continuïdade da soleira ou adoptando uma solução intermédia.

Nestes casos põe-se a questão de verificar se a cota do nível da água a juzante é superior à cota da máxima altura permissível no trôço de montante e mesmo até se êste último não poderá ficar em carga, pelo menos em parte do seu comprimto (fig. 2). É um

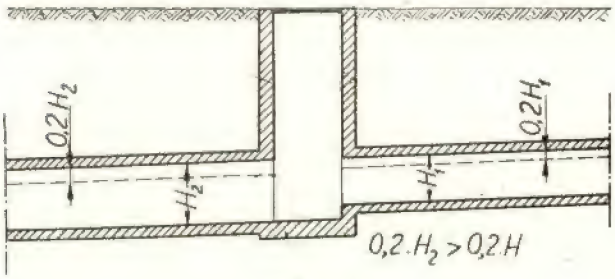


fig. 1

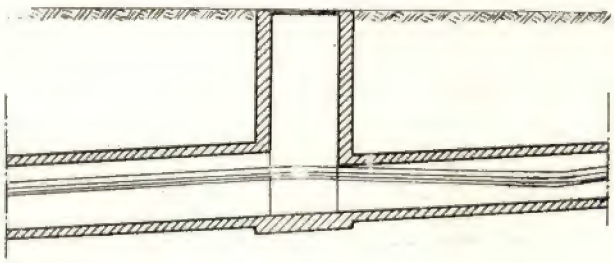


fig. 2

caso, porém, que só tem verdadeira importância para relativamente grandes diferenças de secção, inclinação ou caudal entre os troços de montante e juzante. Julgamos poder dizer que na maioria das vezes apenas poderá ter importância, nas rêdes separativas em casos de inclinação no trôço de juzante bastante menor que a de montante e nas rêdes unitárias, além dêstes casos, nas ligações de colectores secundários a colectores principais.

Na terceira coluna das tabelas dos colectores circulares e na segunda dos ovoides indicam-se os valores dos caudais correspondentes à máxima altura de enchimento desde que a velocidade não exceda 3 m/seg. Para inclinações superior à inclinação para a qual a velocidade correspondente à máxima altura de enchimento é igual a 3 m/seg. os caudais máximos transportáveis que figuram nas tabelas (em itálico) correspondem a uma velocidade igual a 3 m/seg. e a uma altura de enchimento que vai baixando à medida que aumenta a inclinação. A partir, porém, da inclinação para a qual a altura da lâmina líquida é igual a metade da altura total, deixam de figurar nas tabelas os valores dos caudais respectivos. Admitiu-se, assim, que não interessaria apresentar valores correspondentes a secções com muito baixo aproveitamento. Convém chamar a atenção para um dos casos em que pode interessar a utilização dos números em itálico. Como se sabe, no estabelecimento de rêdes de esgôtos não se lança, em regra, um colector num outro de menor secção, ainda que êste último tenha maior inclinação. Sendo assim pode acontecer

o seguinte: Um colector funcionando com bom aproveitamento da secção (altura de lâmina igual a 0,8 da altura total) tem um declive inferior ao declive crítico a que corresponde a transição entre os números normais e os itálicos; o trôço seguinte tem um declive superior ao crítico e tem de se manter a secção. A altura de lâmina será menor mas interessa saber se a velocidade não excede o limite adotado. Basta para isso que o caudal a transportar seja inferior ao caudal indicado, em itálico, para a inclinação respectiva. Já não se pode adoptar êste processo e tem de se recorrer ao método de cálculo vulgar quando a altura de enchimento fôr inferior a metade da altura total.

Sôbre a regra de não se lançar um colector num outro de menor secção mesmo que êste tenha maior declive há a notar que uma vez que se estabeleça, na câmara de visita de ligação dos dois troços uma queda suficiente para se poder considerar o trôço de juzante como um trôço inicial é possível adoptar para êste último uma secção menor.

3 — Elaboração das tabelas

As tabelas que se apresentam foram elaboradas a partir das já citadas tabelas do senhor eng.º J. Gomes Alvarez e referem-se apenas a colectores circulares de diâmetros compreendidos entre 17,5 e 100 cm e colectores ovoides tipo normal (2/3) desde a secção 40×60 até 200×300 cm. Obedecem à fórmula de Kutter com um coeficiente de rugosidade de 0,35. As inclinações variam entre 0,5 mm/m e 160 mm/m. Até 20 mm/m a variação é de 1 em 1 milímetro. De 20 em diante a variação é de 5 em 5 mm/m. Naturalmente que o facto de se apresentarem tão largos limites de inclinação não implica a conclusão que se possam aplicar sempre essas inclinações para todos os diâmetros. A limitação das inclinações por outros motivos que não sejam os de se obedecer aos limites utilizados nas tabelas não foi tomada em consideração na elaboração destas. Não se garante a precisão da segunda casa decimal dos valores indicados nas tabelas e mesmo, para os números maiores, da primeira casa decimal. Naturalmente que a precisão dos números apresentados depende da precisão com que se poderá ler os diagramas a partir dos quais as tabelas foram elaboradas e que são as publicadas nas já referidas «Técnica» n.os 104 e 119; utilizaram-se também ampliações dêstes diagramas.

A precisão por interpolação, mesmo para variações de inclinação de 5 em 5 mm/m pode considerar-se suficiente. Em rigor não se deve fazer, porém, interpolação entre dois valores separados por traço horizontal. Reduz-se muito o número de vezes que é necessário recorrer a interpolações procedendo como no exemplo adiante indicado.

Os valores dos caudais mínimos aumentam com o diâmetro da secção. Para as inclinações muito pequenas notam-se, porém, algumas discordâncias a esta lei. Isso deve ser devido a que para as muito pequenas inclinações o caudal mínimo está muito próximo ou mesmo iguala o caudal máximo; trabalha-se então com uma parte do diagrama em que se deve dar o seguinte: a variação, com o diâmetro, do caudal de tubo cheio, para uma mesma inclinação não é suficiente para compensar a variação da percentagem dêsse caudal que se deve considerar para ter o caudal correspondente à velocidade mínima.

Resumo e exemplos

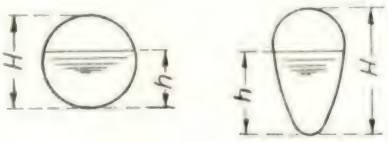
— Os valores da 1.ª e 2.ª coluna das circulares e da 1.ª dos ovoides dão os caudais mínimos para que $h \geqslant 2$ cm e $v \geqslant 0{,}3$ (ou 0,6) m/seg. Até ao traço horizontal os valores correspondem a $v = 0{,}3$ (ou 0,6) m seg sendo $h > 2$ cm sempre. Além do traço $h = 2$ cm sempre e $v > 0{,}3$ (ou 0,6) m seg.

— Quando os caudais dados são inferiores aos valores dados por estas colunas é preciso estabelecer correntes de varrer nos troços respectivos, ou então adoptar outro declive. É de regra não diminuir a secção.

— O limite 0,3 m/seg é sobretudo utilizado nas rêdes separativas e o limite 0,6 m/seg nas rêdes unitárias.

* * *

— Os valores da 3.ª coluna das circulares e 2.ª dos ovoides dão os caudais máximos transportáveis sendo sempre $h = 0{,}815$ H (circulares) ou $h = 0{,}800$ H (ovoides) e $v \leqslant 3$ m/seg.



Para os números em itálico, v é sempre igual a 3 m/seg e h é inferior a 0,8 (ou 0,815) de H mas sem ser inferior a 0,5 H.

— Quando os caudais dados forem superiores aos valores dados por estas colunas tem que se empregar ou outra secção ou outra inclinação.

* * *

— Os valores da última coluna das circulares dão o caudal máximo transportável para $h = 0{,}815$ H e v superior a 3 m/seg mas inferior a 5 m seg.

* * *

Utilizou-se a fórmula de Kutter com $m = 0{,}35$. Não se pode garantir o rigor do terceiro algarismo dos caudais mínimos.

* * *

1.º Exemplo

Rêde separativa. Caudal = 25 l seg. Diâmetro 35 cm. Declive = 5 mm/m.
Está em condições pois $1{,}17 < 25 < 92{,}14$ l/seg.

2.º Exemplo

Qual o diâmetro mínimo que se poderia adoptar para o caso do exemplo anterior.
Seria 25 cm pois $0{,}98 < 25 < 36{,}15$.

3.º Exemplo

Rêde separativa. Caudal = 0,3 = l/seg. Diâmetro 20 cm. Declive = 9 mm m.
Não está em condições pois $0{,}49 > 0{,}3$ l seg. Empregar correntes de varrer.

4.º Exemplo

Rêde unitária. Caudal doméstico = 6 l/seg. Caudal das águas das chuvas = 90 l/seg. Diâmetro 35 cm. Quais as inclinações possíveis?

O declive deve ser > 8 mm m pois $5{,}71 < 6$ l seg (a menos que se empreguem correntes de varrer). Para i = 8 mm m tem-se 90 l seg < 116,54 l seg.

5.º Exemplo

Rêde unitária. Caudal doméstico = 13 l/seg. Caudal das chuvas = 900 l/seg. Inclinação = 6 mm m. Qual o diâmetro?

Tem que ser $\phi = 100$ cm, para o qual: $11{,}82 < 13$ l/seg e $900 < 977$ l seg.

6.º Exemplo

Queremos colocar o colector do 5.º Exemplo com a inclinação de 14 mm m. Pode ser? Não, pois para que não se exceda 3 m seg apenas se pode transportar = 776,0 l seg. Há que diminuir a inclinação para i = 12 mm m, pois: $900 < 978{,}2$.

7.º Exemplo

Colector ovóide 60×90. Caudal das chuvas = 900 l seg. Caudal doméstico = 4,4 l seg. Inclinação 11,3 mm m. Não é preciso interpolar pois já para i = 11 mm/m se têm: $4{,}31 < 4{,}4$ l/seg e $900 < 906{,}3$ l seg.

Colectores circulares

Declives mm/m	17,5				20				25			
	Q mínimo l/seg		Q máximo l/seg		Q mínimo l/seg		Q máximo l/seg		Q mínimo l/seg		Q máximo l/seg	
	$v \geqslant 0{,}3$ m/seg $h \geqslant 2$ cm	$v \geqslant 0{,}6$ m/seg $h \geqslant 2$ cm	$v \leqslant 3$ m/seg $h = 0{,}815$ H; $v = 3$ m/seg $0{,}815\,H > h \geqslant 0{,}5\,H$	$v \leqslant 5$ m/seg $h = 0{,}815$ H	$v \geqslant 0{,}3$ m/seg $h \geqslant 2$ cm	$v \geqslant 0{,}6$ m/seg $h \geqslant 2$ cm	$v \leqslant 3$ m/seg $h = 0{,}815$ H; $v = 3$ m/seg $0{,}815\,H > h \geqslant 0{,}5\,H$	$v \leqslant 5$ m/seg $h = 0{,}815$ H	$v \geqslant 0{,}3$ m/seg $h \geqslant 2$ cm	$v \geqslant 0{,}6$ m/seg $h \geqslant 2$ cm	$v \leqslant 3$ m/seg $h = 0{,}815$ H; $v = 3$ m/seg $0{,}815\,H > h \geqslant 0{,}5\,H$	$v \leqslant 5$ m/seg $h = 0{,}815$ H
0,5	—	—	4,21	—	—	—	6,12	—	—	—	11,43	—
1	—	—	5,95	—	5,70	—	8,65	—	5,69	—	16,17	—
1,5	3,65	—	7,29	—	3,39	—	10,60	—	3,64	—	19,80	—
2	2,42	—	8,42	—	2,45	—	12,24	—	2,51	—	22,86	—
2,5	1,88	—	9,41	—	1,85	—	13,68	—	2,01	25,56	25,56	—
3	1,53	—	10,31	—	1,50	—	14,99	—	1,66	17,22	28,00	—
3,5	1,34	—	11,13	—	1,30	16,19	16,19	—	1,41	13,40	30,25	—
4	1,17	—	11,90	—	1,15	12,24	17,31	—	1,22	11,38	32,34	—
4,5	1,00	12,63	12,63	—	1,02	10,50	18,36	—	1,09	9,88	34,30	—
5	0,87	9,40	13,30	—	0,89	8,61	19,35	—	0,98	8,60	36,15	—
5,5	0,78	7,87	13,95	—	0,81	7,61	20,30	—	0,90	7,77	37,92	—
6	0,71	6,90	14,58	—	0,74	6,76	21,20	—	0,82	7,05	39,61	—
6,5	0,65	6,37	15,17	—	0,68	6,09	22,06	—	0,75	6,55	41,22	—
7	0,60	5,91	15,75	—	0,63	5,73	22,90	—	0,70	6,07	42,78	—
7,5	0,56	5,20	16,30	—	0,59	5,36	23,70	—	0,66	5,61	44,28	—
8	0,53	4,83	16,84	—	0,55	5,02	24,48	—	0,62	5,17	45,73	—
8,5	0,51	4,51	17,35	—	0,52	4,69	25,23	—	0,59	4,80	47,14	—
9	0,49	4,25	17,86	—	0,49	4,36	25,96	—	0,56	4,49	48,51	—
9,5	0,47	4,00	18,35	—	0,50	4,09	26,68	—	0,57	4,26	49,84	—
10	0,48	3,76	18,82	—	0,51	3,87	27,37	—	0,59	4,03	51,13	—
11	0,50	3,40	19,74	—	0,54	3,53	28,70	—	0,61	3,61	53,63	—
12	0,53	3,05	20,62	—	0,56	3,24	29,98	—	0,64	3,31	56,01	—
13	0,55	2,79	21,46	—	0,59	3,93	31,21	—	0,67	3,02	58,30	—
14	0,57	2,53	22,27	-	0,61	2,65	32,38	—	0,69	2,80	60,50	—
15	0,59	2,35	23,05	—	0,63	2,41	33,52	—	0,72	2,59	62,62	—
16	0,61	2,21	23,81	—	0,65	2,26	34,62	—	0,74	2,43	64,68	—
17	0,63	2,06	24,53	—	0,67	2,11	35,68	—	0,76	2,29	66,66	—
18	0,65	1,92	25,25	—	0,69	1,99	36,72	—	0,79	2,19	68,60	—
19	0,66	1,81	25,94	—	0,71	1,89	37,72	—	0,81	2,08	70,48	—
20	0,68	1,71	26,62	—	0,73	1,80	38,70	—	0,83	2,00	72,31	—
25	0,76	1,38	29,76	—	0,81	1,44	43,27	—	0,93	1,59	80,84	—
30	0,83	1,12	32,60	—	0,89	1,22	47,40	—	1,01	1,33	88,56	—
35	0,90	0,99	35,21	—	0,96	1,04	51,20	—	1,10	1,16	95,66	—
40	0,96	0,96	37,64	—	1,03	1,03	54,74	—	1,17	1,17	102,2	—
45	1,02	1,02	39,92	—	1,09	1,09	58,06	—	1,24	1,24	108,4	—
50	1,08	1,08	42,08	—	1,15	1,15	61,20	—	1.31	1,31	114,3	—
55	1,13	1,13	44,13	—	1,20	1,20	64,18	—	1,37	1,37	119,9	—
60	1,18	1,18	46,09	—	1,26	1,26	67,02	—	1,43	1,43	125,2	—
65	1,23	1,23	47,99	—	1,31	1,31	69,79	—	1,49	1,49	*116,1*	130,3
70	1,27	1,27	49,80	—	1,36	1,36	72,42	—	1,55	1,55	*94,70*	135,2
75	1,32	1,32	51,54	—	1,41	1,41	74,95	—	1,60	1,60	*86,82*	140,0
80	1,36	1,36	53,23	—	1,45	1,45	77,41	—	1,66	1,66	*77,37*	144,6
85	1,40	1,40	54,87	—	1,50	1,50	79,79	—	1,71	1,71	—	149,0
90	1,44	1,44	56,46	—	1,54	1,54	82,10	—	1,76	1,76	—	153,4
95	1,48	1,48	58,01	—	1,58	1,58	*67,06*	84,35	1,80	1,80	—	157,6
100	1,52	1,52	59,51	—	1,62	1,62	*60,58*	86,54	1,85	1,85	—	161,7
120	1,67	1,67	*49,55*	65,20	1,78	1,78	—	94,81	2,03	2,03	—	177,1
140	1,80	1,80	*38,94*	70,42	1,92	1,92	—	102,4	2,19	2,19	—	191,3
160	1,93	1,93	—	75,29	2,05	2,05	—	109,4	2,34	2,34	—	204,5
180	2,04	2,04	—	79,85								

Declives mm/m	30				35				40			
	Q mínimo l/seg.		Q maximo l/seg.		Q mínimo l/seg.		Q máximo l/seg.		Q mínimo l/seg.		Q máximo l/seg.	
	$v \geq 0.3^{m}$ seg $h \geq 2$ cm	$v \geq 0.6^{m}$ seg $h \geq 2$ cm	$v \leq 3^{m}$ seg $h = 0.815$ H *$v = 3$ m/seg $0.815 H > h \geq 0.5 H$*	$v \leq 5^{m}$ seg $h = 0.815$ H	$v \geq 0.3^{m}$ seg $h \geq 2$ cm	$v \geq 0.6^{m}$ seg $h \geq 2$ cm	$v \leq 3^{m}$ seg $h = 0.815$ H *$v = 3$ m/seg $0.815 H > h \geq 0.5 H$*	$v \leq 5^{m}$ seg $h = 0.815$ h	$v \geq 0.3^{m}$ seg $h \geq 2$ cm	$v \geq 0.6^{m}$ seg $h \geq 2$ cm	$v \leq 3^{m}$ seg $h = 0.815$ H *$v = 3$ m/seg $0.815 H > h \geq 0.5 H$*	$v \leq 5^{m}$ seg $h = 0.815$ h
0,5	14,76	—	19,00	—	14,57	—	29,14	—	13,41	—	42,20	—
1	5,91	—	26,87	—	5,97	—	41,20	—	6,68	—	59,68	—
1,5	3,62	—	32,91	—	4,14	50,47	50,47	—	4,13	41,81	73,10	—
2	2,85	29,60	38,00	—	2,78	27,39	58,27	—	3,06	27,80	84,40	—
2,5	2,21	21,25	42,49	—	2,25	20,78	65,15	—	2,46	21,33	94,37	—
3	1,72	16,43	46,54	—	1,93	16,77	71,37	—	2,04	17,57	103,3	—
3,5	1,54	13,77	50,27	—	1,65	14,26	77,09	—	1,76	14,52	111,6	—
4	1,35	11,83	53,75	—	1,42	12,20	82,42	—	1,55	12,89	119,3	—
4,5	1,17	9,97	57,00	—	1,28	10,75	87,41	—	1,37	11,39	126,6	—
5	1,07	9,01	60,09	—	1,17	9,85	92,14	—	1,23	9,88	133,4	—
5,5	0,98	8,19	63,01	—	1,08	8,79	96,63	—	1,13	8,92	139,9	—
6	0,90	7,44	65,82	—	0,95	7,70	100,9	—	1,04	8,20	146,2	—
6,5	0,83	6,88	68,51	—	0,89	7,08	105,0	—	0,97	7,41	152,1	—
7	0,78	6,40	71,09	—	0,85	6,60	109,0	—	0,90	6,80	157,9	—
7,5	0,72	5,89	73,58	—	0,79	6,13	112,8	—	0,84	6,41	163,4	—
8	0,68	5,47	76,00	—	0,73	5,71	116,5	—	0,79	6,11	168,8	—
8,5	0,63	5,03	78,34	—	0,69	5,33	120,1	—	0,75	5,69	174,0	—
9	0,61	4,73	80,61	—	0,66	4,96	123,6	—	0,71	5,45	179,0	—
9,5	0,63	4,53	82,82	—	0,68	4,76	127,0	—	0,72	5,15	183,9	—
10	0,65	4,28	84,97	—	0,70	4,61	130,3	—	0,74	4,90	188,7	—
11	0,68	3,84	89,12	—	0,73	4,15	136,6	—	0,77	4,48	197,9	—
12	0,71	3,49	93,08	—	0,77	3,88	142,7	—	0,81	4,09	206,7	—
13	0,74	3,26	96,89	—	0,80	3,57	148,5	—	0,84	3,73	215,2	—
14	0,77	3,04	100,5	—	0,83	3,30	154,1	—	0,87	3,49	223,3	—
15	0,80	2,89	104,0	—	0,86	3,03	159,5	—	0,90	3,29	231,1	—
16	0,82	2,73	107,4	—	0,89	2,85	164,8	—	0,93	3,07	238,7	—
17	0,85	2,57	110,7	—	0,91	2,68	169,8	—	0,96	2,90	246,0	—
18	0,87	2,42	114,0	—	0,94	2,55	174,8	—	0,99	2,73	253,2	—
19	0,90	2,28	117,3	—	0,96	2.42	179,6	—	1,01	2,56	260,1	—
20	0,92	2,14	120,1	—	0,99	2,30	184,2	—	1,04	2,44	266,9	—
25	1,03	1,72	134,3	—	1,11	1,85	206,0	—	1,16	2,00	298,4	—
30	1,13	1,44	147,1	—	1,21	1,58	225,7	—	1,27	1,68	326,9	—
35	1,22	1,03	158,9	—	1,31	1,39	243,7	—	1,38	1,45	*229,5*	359,0
40	1,30	1,30	169,9	—	1,40	1,40	*198,0*	260,6	1,47	1,47	*188,7*	377,4
45	1,38	1,38	180,2	—	1,48	1,48	*164,4*	276,4	1,56	1,56	—	400,3
50	1,45	1,45	*151,0*	190,0	1,56	1,56	—	291,3	1,65	1,65	—	422,0
55	1,52	1,52	*127,5*	199,2	1,64	1,64	—	305,5	1,73	1,73	—	442,6
60	1,59	1,59	*112,4*	208,1	1,71	1,71	—	319,1	1,80	1,80	—	462,3
65	1,66	1,66	—	216,6	1,78	1,78	—	332,2	1,88	1,88	—	481,1
70	1,72	1,72	—	224,8	1,85	1,85	—	344,7	1,95	1,95	—	499,3
75	1,78	1,78	—	232,7	1,92	1,92	—	356,8	2,02	2,02	—	516,8
80	1,84	1,84	—	240,3	1,98	1,98	—	368,5	2,08	2,08	—	533,8
85	1,90	1,90	—	247,7	2,04	2,04	—	379,9	2,15	2,15	—	—
90	1,95	1,95	—	254,9	2,13	2,10	—	390,9	2,21	2,21	—	—
95	2,00	2,00	—	261,9	2,16	2,16	—	401,6	2,27	2,27	—	—
100	2,06	2,06	—	268,7	2,21	2,21	—	412,0	2,33	2,33	—	—
120	2,25	2,25	—	294,3								
140	2,43	2,43	—	—								

Declives mm/m	45				50				55			
	Q mínimo l/seg		Q máximo l/seg		Q mínimo l/seg		Q máximo l/seg		Q mínimo l/seg		Q máximo l/seg	
	$v \geqslant 0.3$ m/seg $h \geqslant 2$ cm	$v \geqslant 0.6$ m/seg $h \geqslant 2$ cm	$v \leqslant 3$ m/seg $h = 0.815$ H; $v = 3$ m/seg $0.815 H > h \geqslant 0.5 H$	$v \leqslant 5$ m/seg $h = 0.815$ H	$v \geqslant 0.3$ m/seg $h \geqslant 2$ cm	$v \geqslant 0.6$ m/seg $h \geqslant 2$ cm	$v \leqslant 3$ m/seg $h = 0.815$ H; $v = 3$ m/seg $0.815 H > h \geqslant 0.5 H$	$v \leqslant 5$ m/seg $h = 0.815$ H	$v \geqslant 0.3$ m/seg $h \geqslant 2$ cm	$v \geqslant 0.6$ m/seg $h \geqslant 2$ cm	$v \leqslant 3$ m/seg $h = 0.815$ H; $v = 3$ m/seg $0.815 H > h \geqslant 0.5 H$	$v \leqslant 5$ m/seg $h = 0.815$ H
0,5	12,71	—	58,30	—	14,33	—	77,90	—	14,69	—	101,3	—
1	6,45	82,40	82,40	—	6,84	72,80	110,3	—	6,88	68,50	143,3	—
1,5	4,18	39,90	101,0	—	4,50	48,64	135,1	—	4,77	42,12	175,5	—
2	3,27	28,94	116,7	—	3,49	30,40	155,9	—	3,61	30,39	202,6	—
2,5	2,51	22,45	130,5	—	2,77	22,67	174,4	—	2,95	24,93	226,6	—
3	2,15	17,88	143,0	—	2,31	19,10	191,0	—	2,43	19,56	248,2	—
3,5	1,87	15,42	154,2	—	1,98	15,72	206,3	—	2,08	16,22	268,1	—
4	1,62	13,03	165,4	—	1,78	13,90	220,6	—	1,86	14,10	286,6	—
4,5	1,44	11,50	174,9	—	1,57	12,12	233,9	—	1,64	12,58	303,9	—
5	1,32	10,35	184,4	—	1,41	10,63	246,6	—	1,51	11,34	320,4	—
5,5	1,21	9,28	193,3	—	1,29	9,80	258,6	—	1,38	10,42	336,0	—
6	1,11	8,52	201,9	—	1,19	8,99	270,1	—	1,26	9,48	351,0	—
6,5	1,04	7,94	209,9	—	1,10	8,44	281,3	—	1,18	8,78	365,3	—
7	0,98	7,32	217,8	—	1,02	7,93	291,7	—	1,10	8,11	379,1	—
7,5	0,92	6,89	225,8	—	0,96	7,40	302,0	—	1,03	7,55	392,4	—
8	0,86	6,46	233,3	—	0,91	6,90	311,9	—	0,97	7,09	405,3	—
8,5	0,80	6,10	240,1	—	0,87	6,40	321,5	—	0,93	6,68	417,7	—
9	0,75	5,74	247,3	—	0,83	6,09	330,8	—	0,89	6,32	429,9	—
9,5	0,77	5,44	254,0	—	0,82	5,78	339,9	—	0,86	6,03	441,6	—
10	0,80	5,16	260,8	—	0,84	5,54	348,7	—	0,88	5,75	453,1	—
11	0,83	4,69	273,5	—	0,88	4,97	365,7	—	0,92	5,32	475,2	—
12	0,87	4,28	285,6	—	0,92	4,62	382,0	—	0,96	4,86	496,3	—
13	0,91	4,02	297,3	—	0,95	4,29	397,6	—	1,00	4,44	516,6	—
14	0,94	3,75	308,5	—	0,99	3,96	412,6	—	1,04	4,15	536,1	—
15	0,97	3,51	319,4	—	1,03	3,67	427,1	—	1,08	3,86	554,9	—
16	1,00	3,29	329,1	—	1,06	3,44	441,1	—	1,11	3,60	573,1	—
17	1,04	3,08	340,3	—	1,09	3,28	454,7	—	1,15	3,39	590,8	—
18	1,07	2,92	349,8	—	1,12	3,13	467,8	—	1,18	3,23	607,9	—
19	1,10	2,78	359,3	—	1,15	3,00	480,7	—	1,21	3,11	*568,3*	624,6
20	1,12	2,65	368,7	—	1,18	2,86	493,1	—	1,24	3,01	*476,1*	640,8
25	1,26	2,21	412,3	—	1,32	2,32	*358,3*	551,3	1,39	2,58	—	716,4
30	1,38	1,83	*280,9*	451,6	1,45	1,99	—	604,0	1,42	2,10	—	784,8
35	1,49	1,59	—	487,8	1,57	1,76	—	652,4	1,45	1,82	—	847,7
40	1,59	1,59	—	521,5	1,67	1,67	—	697,4	1,76	1,76	—	906,2
45	1,69	1,69	—	552,8	1,78	1,78	—	739,7	1,86	1,86	—	961,2
50	1,78	1,78	—	583,1	1,87	1,87	—	779,8	1,97	1,97	—	1013
55	1,86	1,86	—	611,4	1,96	1,96	—	817,8	2,06	2,06	—	—
60	1,95	1,95	—	639,2	2,05	2,05	—	854,2	2,15	2,15	—	—
65	2,03	2,03	—	664,6	2,13	2,13	—	—				
70	2,10	2,10	—	690,0	2,21	2,21	—	—				
75	2,18	2,18	—	—								
80	2,25	2,25	—	—								

Declives mm m	60				70				80			
	Q mínimo l/seg.		Q máximo l/seg.		Q mínimo l/seg.		Q máximo l/seg.		Q mínimo l/seg.		Q máximo l/seg.	
	$v \geq 0.3^{m}$ seg $h \geq 2$ cm	$v \geq 0.6^{m}$ seg $h \geq 2$ cm	$v \leq 3^{m}$ seg $h = 0.815$ H $v = 5^{m}$ seg $0.815 H > h \geq 0.5 H$	$v \leq 5^{m}$ seg $h = 0.815$ H	$v \geq 0.3^{m}$ seg $h \geq 2$ cm	$v \geq 0.6^{m}$ seg $h \geq 2$ cm	$v \leq 3^{m}$ seg $h = 0.815$ H $v = 5^{m}$ seg $0.815 H > h \geq 0.5 H$	$v \leq 5^{m}$ seg $h = 0.815$ h	$v \geq 0.3^{m}$ seg $h \geq 2$ cm	$v \geq 0.6^{m}$ seg $h \geq 2$ cm	$v \leq 3^{m}$ seg $h = 0.815$ H $v = 5^{m}$ seg $0.815 H > h \geq 0.5 H$	$v \leq 5^{m}$ seg $h = 0.815$ h
0,5	15,44	—	128,7	—	16,47	—	196,1	—	17,57	186,1	282,0	—
1	7,53	72,40	181,9	—	7,87	72,07	277,2	—	8,93	77,37	398,8	—
1,5	4,99	43,22	222,8	—	5,45	46,86	339,6	—	5,94	49,34	488,5	—
2	3,81	31,65	257,3	—	4,12	32,94	392,1	—	4,48	35,26	564,1	—
2,5	3,02	24,17	287,7	—	3,33	26,68	438,4	—	3,72	28,00	630,7	—
3	2,55	20,23	315,1	—	2,79	21,32	480,2	—	3,11	23,28	690,8	—
3,5	2,25	17,16	340,4	—	2,44	18,36	518,7	—	2,69	20,11	746,2	—
4	1,95	14,63	363,9	—	2,14	16,36	554,6	—	2,39	17,23	797,8	—
4,5	1,74	13,11	386,0	—	1,94	14,59	588,2	—	2,15	15,57	846,1	—
5	1,57	12,04	406,8	—	1,77	13,14	620,0	—	1,96	14,27	891,9	—
5,5	1,45	10,99	426,7	—	1,63	11,83	650,2	—	1,76	13,00	935,4	—
6	1,34	9,96	445,7	—	1,49	10,87	679,2	—	1,56	11,82	977,0	—
6,5	1,25	9,18	463,9	—	1,38	9,93	706,9	—	1,47	10,98	1016	—
7	1,18	8,54	481,3	—	1,28	9,32	733,5	—	1,39	10,13	1055	—
7,5	1,11	7,97	498,3	—	1,21	8,72	759,3	—	1,31	9,39	1092	—
8	1,05	7,50	514,6	—	1,14	8,16	784,2	—	1,24	8,80	1128	—
8,5	0,98	7,05	530,4	—	1,07	7,70	808,3	—	1,16	8,35	1162	—
9	0,92	6,71	545,8	—	1,01	7,28	831,8	—	1,08	8,01	1196	—
9,5	0,87	6,37	560,8	—	0,94	6,89	854,6	—	1,04	7,66	1229	—
10	0,89	6,04	575,4	—	0,92	6,53	876,8	—	1,01	7,32	1261	—
11	0,94	5,49	603,4	—	0,97	60,7	919,6	—	1,03	6,68	*1203*	1322
12	0,98	5,04	630,2	—	1,01	5,67	960,6	—	1,08	6,08	*978,2*	1381
13	1,02	4,73	656,0	—	1,05	5,30	999,7	—	1,12	5,68	*870,1*	1438
14	1,06	4,43	680,8	—	1,09	4,94	*776,7*	1037	1,16	5,37	*776,0*	1492
15	1,09	4,16	704,6	—	1,13	4,58	*714,0*	1073	1,20	5,10	—	1544
16	1,13	3,92	727,8	—	1,16	4,27	*652,1*	1109	1,24	4,83	—	1595
17	1,16	3,70	*647,3*	750,1	1,20	4,06	*594,4*	1143	1,28	4,56	—	1644
18	1,20	3,50	*571,2*	771,9	1,24	3,88	—	1176	1,32	4,30	—	1692
19	1,23	3,33	*515,5*	793,1	1,27	3,69	—	1208	1,36	4,09	—	1733
20	1,26	3,17	*478,4*	813,7	1,30	3,51	—	1240	1,39	3,88	—	1783
25	1,41	2,55	—	909,7	1,46	2,95	—	1386	1,56	3,09	—	1994
30	1,54	2,21	—	996,6	1,59	2,39	—	1518	1,70	2,51	—	2184
35	1,67	1,88	—	1076	1,72	2,05	—	1640				
40	1,78	1,78	—	1150	1,84	1,84	—	—				
45	1,89	1,89	—	1220								
50	1,99	1,99	—	—								

Declives mm/m	90				100			
	Q mínimo l/seg		Q máximo l/seg		Q mínimo l/seg		Q máximo l/seg	
	$v \geqslant 0.3$ m/seg $h \geqslant 2$ cm	$v \geqslant 0.6$ m/seg $h \geqslant 2$ cm	$v \leqslant 3$ m/seg $h = 0.815$ H; $v = 1$ m/seg $0.85 H > h \geqslant 0.5 H$	$v \leqslant 5$ m/seg $h = 0.815$ H	$v \geqslant 0.3$ m/seg $h \geqslant 2$ cm	$v \geqslant 0.6$ m/seg $h \geqslant 2$ cm	$v \leqslant 3$ m/seg $h = 0.815$ H; $v = 1$ m/seg $0.85 H > h \geqslant 0.5 H$	$v \leqslant 5$ m/seg $h = 0.815$ H
0,5	18,77	184,2	387,9	—	19,55	181,8	516,5	—
1	9,44	81,74	548,6	—	10,15	82,54	730,4	—
1,5	6,15	49,73	672,0	—	6,80	52,92	894,6	—
2	4,86	37,32	775,9	—	5,22	39,05	1033	—
2,5	3,95	29,93	867,5	—	4,27	31,99	1155	—
3	3,33	25,18	950,2	—	3,54	26,85	1265	—
3,5	2,93	21,50	1026	—	3,14	22,96	1366	—
4	2,63	18,93	1097	—	2,78	20,02	1461	—
4,5	2,35	16,76	1163	—	2,48	17,97	1549	—
5	2,09	15,27	1226	—	2,21	15,93	1633	—
5,5	1,87	13,96	1286	—	2,06	14,56	1713	—
6	1,68	12,61	1343	—	1,88	13,42	1789	—
6,5	1,54	11,68	1398	—	1,73	12,46	1862	—
7	1,47	10,89	1451	—	1,66	11,63	1932	—
7,5	1,40	10,29	1502	—	1,60	10,90	2000	—
8	1,33	9,78	1551	—	1,53	10,28	*1880*	2066
8,5	1,26	9,28	1599	—	1,46	9,74	*1622*	2129
9	1,20	8,81	1656	—	1,39	9,29	*1457*	2191
9,5	1,16	8,34	*1428*	1691	1,33	8,89	*1339*	2251
10	1,13	7,89	*1285*	1735	1,27	8,58	*1247*	2310
11	1,13	7,28	*1100*	1819	1,21	7,99	—	2422
12	1,18	6,65	*959,7*	1900	1,27	7,44	—	2530
13	1,23	6,23	—	1978	1,32	6,93	—	2633
14	1,27	5,81	—	2052	1,37	6,42	—	2733
15	1,32	5,52	—	2124	1,41	5,96	—	2829
16	1,36	5,25	—	2194	1,46	5,61	—	2921
17	1,40	4,98	—	2262	1,51	5,27	—	3011
18	1,44	4,71	—	2327	1,55	4,94	—	3099
19	1,48	4,44	—	2391	1,59	4,62	—	3184
20	1,52	4,17	—	2453	1,63	4,41	—	3266
25	1,70	3,37	—	2743				
30	1,86	2,82	—	—				

Colectores ovóides

Declives mm/m	40 × 60		50 × 75		60 × 90		70 × 105		80 × 120		90 × 135	
	Q mín. l/seg	Q máx. l/seg	Q mín. l/seg	Q máx. l/seg	Q mín. l/seg	Q máx. l/seg	Q mín. l/seg	Q máx. l/seg	Q mín. l/seg	Q máx. l/seg	Q mín. l/seg	Q máx. l/seg
	$v \geq 0.6$ m/seg, $h \geq 2$ cm	$v \leq 3$ m/seg, $h = 0.8$ H, $v = 3$ m/seg, $0.8 H > h \geq 0.5 H$	$v \geq 0.6$ m/seg, $h \geq 2$ cm	$v \leq 3$ m/seg, $h = 0.8$ H, $v = 3$ m/seg, $0.8 H > h \geq 0.5 H$	$v \geq 0.6$ m/seg, $h \geq 2$ cm	$v \leq 3$ m/seg, $h = 0.8$ H, $v = 3$ m/seg, $0.8 H > h \geq 0.5 H$	$v \geq 0.6$ m/seg, $h \geq 2$ cm	$v \leq 3$ m/seg, $h = 0.8$ H, $v = 3$ m/seg, $0.8 H > h \geq 0.5 H$	$v \geq 0.6$ m/seg, $h \geq 2$ cm	$v \leq 3$ m/seg, $h = 0.8$ H, $v = 3$ m/seg, $0.8 H > h \geq 0.5 H$	$v \geq 0.6$ m/seg, $h \geq 2$ cm	$v \leq 3$ m/seg, $h = 0.8$ H, $v = 3$ m/seg, $0.8 H > h \geq 0.5 H$
0,5	—	63,78	—	117,7	—	193,0	211,1	295,2	210,1	424,8	198,5	583,6
1	—	90,20	77,08	166,7	78,20	273,2	76,65	417,5	77,86	600,8	76,66	825,4
1,5	44,79	110,6	49,67	204,2	44,10	334,6	44,18	511,3	44,11	735,9	46,29	1010
2	29,65	127,7	31,90	235,8	29,21	386,4	30,35	590,4	31,02	849,7	32,59	1167
2,5	21,90	142,7	22,21	263,7	22,21	432,0	22,89	660,1	23,55	950,0	25,09	1305
3	16,89	156,4	16,75	288,8	17,86	473,3	18,43	723,1	19,22	1040	20,06	1429
3,5	13,68	168,9	14,29	312,0	14,72	511,2	15,35	781,1	16,27	1124	17,08	1544
4	11,53	180,6	12,18	333,5	12,63	546,5	13,35	835,1	14,06	1201	14,53	1651
4,5	9,85	191,5	10,39	353,7	11,14	579,6	11,54	888,4	12,32	1274	13,24	1751
5	8,82	201,9	9,24	372,9	9,77	611,0	10,32	933,6	11,03	1343	11,96	1845
5,5	7,99	211,7	8,15	391,1	8,82	640,8	9,31	979,1	10,20	1409	10,98	1935
6	7,10	221,2	7,41	408,5	8,03	669,3	8,56	1022	9,33	1471	10,04	2021
6,5	6,43	230,2	6,80	425,1	7,26	696,6	7,93	1064	8,68	1531	9,23	2104
7	5,92	238,9	6,19	441,2	6,71	722,9	7,34	1104	8,06	1589	8,63	2183
7,5	5,48	247,3	5,77	456,7	6,30	748,3	6,90	1143	7,55	1645	8,11	2260
8	5,02	255,4	5,40	471,7	5,93	772,9	6,45	1180	7,07	1699	7,61	*2155*
8,5	4,64	263,2	5,05	486,2	5,60	796,6	6,05	1217	6,72	1751	7,28	*1910*
9	4,38	270,9	4,75	500,3	5,31	819,8	5,77	1252	6,39	1802	6,95	*1724*
9,5	4,12	278,3	4,47	514,0	5,03	842,3	5,49	1286	6,06	*1684*	6,59	*1610*
10	3,90	285,5	4,27	527,4	4,76	864,1	5,28	1320	5,75	*1506*	6,27	*1420*
11	3,50	299,5	3,91	553,1	4,31	906,3	4,86	1384	5,27	*1254*	5,77	—
12	3,16	312,8	3,62	577,7	4,04	946,6	4,44	*1155*	4,83	*1085*	5,40	—
13	2,92	325,6	3,35	601,3	3,78	985,3	4,16	*1004*	4,56	—	5,04	—
14	2,74	337,9	3,05	624,0	3,51	1022	3,95	*894,1*	4,30	—	4,77	—
15	2,51	349,7	2,89	645,0	3,37	*885,7*	3,75	*796,3*	4,05	—	4,49	—
16	2,39	361,2	2,74	667,1	3,12	*767,2*	3,55	—	3,76	—	4,23	—
17	2,27	372,3	2,52	687,6	2,96	*693,5*	3,35	—	3,56	—	3,97	—
18	2,15	383,1	2,48	707,5	2,85	*629,7*	3,16	—	3,39	—	3,71	—
19	2,03	393,6	2,34	*640,6*	2,74	*582,7*	2,99	—	3,24	—	3,50	—
20	1,92	403,8	2,26	*568,6*	2,63	—	2,88	—	3,13	—	3,39	—
25	1,58	451,5	1,82	*387,2*	2,11	—	2,32	—	2,53	—	2,67	—
30	1,34	*320,5*	1,58	—	1,78	—	1,98	—	2,13	—	2,34	—
35	1,17	*248,0*	1,33	—	1,57	—	1,73	—				
40	1,05	—	1,20	—	1,36	—	1,43	—				
45	1,03	—	1,09	—	1,23	—						
50	1,08	—	1,15	—	1,15	—						
55	1,14	—	1,24	—								
60	1,19	—	1,26	—								
65	1,23	—										
70	1,28	—										

Declives mm/m	100 × 150		110 × 165		120 × 180		130 × 195		140 × 210		150 × 225	
	Q mín. l/seg	Q máx. l/seg	Q mín. l/seg	Q máx. l/seg	Q mín. l/seg	Q máx. l/seg	Q mín. l/seg	Q máx. l/seg	Q mín. l/seg	Q máx. l/seg	Q mín. l/seg	Q máx. l/seg
	$v \geq 0.6$ m/seg, $h \geq 2$ cm	$v \leq 3$ m/seg, $h = 0.8$ H, $v = 3$ m/seg, $0.8H > h \geq 0.5H$	$v \geq 0.6$ m/seg, $h \geq 2$ cm	$v \leq 3$ m/seg, $h = 0.8$ H, $v = 3$ m/seg, $0.8H > h \geq 0.5H$	$v \geq 0.6$ m/seg, $h \geq 2$ cm	$v \leq 3$ m/seg, $h = 0.8$ H, $v = 3$ m/seg, $0.8H > h \geq 0.5H$	$v \geq 0.6$ m/seg, $h \geq 2$ cm	$v \leq 3$ m/seg, $h = 0.8$ H, $v = 3$ m/seg, $0.8H > h \geq 0.5H$	$v \geq 0.6$ m/seg, $h \geq 2$ cm	$v \leq 3$ m/seg, $h = 0.8$ H, $v = 3$ m/seg, $0.8H > h \geq 0.5H$	$v \geq 0.6$ m/seg, $h \geq 2$ cm	$v \leq 3$ m/seg, $h = 0.8$ H, $v = 3$ m/seg, $0.8H > h \geq 0.5H$
0,5	200,5	773,7	200,3	1002	200,9	1265	207,0	1571	206,1	1908	213,7	2301
1	77,37	1093	80,11	1418	81,97	1790	83,86	2221	88,02	2699	88,42	3254
1,5	47,55	1340	48,50	1737	50,67	2192	52,31	2721	53,91	3305	54,88	3986
2	33,34	1547	34,66	2005	36,64	2531	37,77	3142	39,16	3817	40,51	4602
2,5	25,88	1730	27,37	2242	28,12	2830	29,97	3513	31,39	4267	32,79	5145
3	21,49	1895	22,02	2456	23,78	3100	24,94	3848	26,51	4675	27,39	5636
3,5	17,97	2047	19,06	2653	20,44	3349	21,32	4157	23,18	5049	24,00	6088
4	15,72	2188	17,00	2837	17,79	3580	18,96	4444	20,46	5398	21,23	*5890*
4,5	14,21	2321	14,95	3009	16,16	3797	16,95	4713	17,93	*4897*	19,01	*4644*
5	12,76	2446	13,70	3171	14,70	4003	15,45	*4158*	16,36	*3943*	17,29	*3929*
5,5	11,78	2566	12,61	3326	13,38	*3645*	14,35	*3432*	15,18	*3418*	16,07	—
6	11,00	2680	11,56	*3264*	12,50	*3092*	13,40	*2968*	14,14	—	14,95	—
6,5	10,24	2789	10,74	*2753*	11,63	*2661*	12,48	*2600*	13,15	—	13,92	—
7	9,54	*2626*	10,09	*2399*	10,90	*2404*	11,58	—	12,18	—	13,02	—
7,5	8,84	*2262*	9,54	*2139*	10,23	—	10,86	—	11,57	—	12,17	—
8	8,36	*2012*	9,01	*1928*	9,57	—	10,21	—	10,97	—	11,27	—
8,5	7,92	*1825*	8,51	—	8,99	—	9,61	—	10,45	—	10,54	—
9	7,57	*1607*	8,04	—	8,48	—	9,04	—	9,88	—	10,12	—
9,5	7,21	—	7,68	—	8,06	—	8,55	—	9,38	—	9,75	—
10	6,91	—	7,36	—	7,76	—	8,12	—	8,94	—	9,45	—
11	6,37	—	6,76	—	7,18	—	7,56	—				
12	5,91	—	6,21	—	6,63	—	7,03	—				
13	5,46	—	5,74	—	6,19	—	6,51	—				
14	5,04	—	5,36	—	5,79	—	6,01	—				
15	4,72	—	5,04	—	5,46	—	5,58	—				
16	4,45	—	4,78	—	5,13	—	5,26	—				
17	4,20	—	4,55	—	4,81	—	4,95	—				
18	4,01	—	4,29	—	4,59	—	4,69	—				
19	3,84	—	4,03	—	4,38	—	4,50	—				
20	3,70	—	3,77	—	4,17	—	4,35	—				

Declives mm m	160 × 240		170 × 255		180 × 270		190 × 285		200 × 300	
	Q mín. l/seg	Q máx. l/seg	Q mín. l/seg	Q máx. l/seg	Q mín. l/seg	Q máx. l/seg	Q mín. l/seg	Q máx. l/seg	Q mín. l/seg	Q máx. l/seg
	$v \geqslant 0.6$ m/seg, $h \geqslant 2$ cm	$v \leqslant 3$ m/seg, $h = 0.8$ H, $v = 3$ m/seg, $0.8 H > h \geqslant 0.5 H$	$v \geqslant 0.6$ m/seg, $h \geqslant 2$ cm	$v \leqslant 3$ m/seg, $h = 0.8$ H, $v = 3$ m/seg, $0.8 H > h \geqslant 0.5 H$	$v \geqslant 0.6$ m/seg, $h \geqslant 2$ cm	$v \leqslant 3$ m/seg, $h = 0.8$ H, $v = 3$ m/seg, $0.8 H > h \geqslant 0.5 H$	$v \geqslant 0.6$ m/seg, $h \geqslant 2$ cm	$v \leqslant 3$ m/seg, $h = 0.8$ H, $v = 3$ m/seg, $0.8 H > h \geqslant 0.5 H$	$v \geqslant 0.6$ m/seg, $h \geqslant 2$ cm	$v \leqslant 3$ m/seg, $h = 0.8$ H, $v = 3$ m/seg, $0.8 H > h \geqslant 0.5 H$
0,5	207,0	2738	210,9	3216	217,7	3754	222,8	4335	227,2	4663
1	91,60	3873	93,06	4547	96,30	5307	99,74	6116	101,5	7019
1,5	57,63	4743	58,96	5570	60,73	6501	63,92	7492	65,92	8596
2	42,89	5477	44,80	6432	45,97	7507	49,05	8650	50,17	9926
2,5	34,72	6124	35,72	7191	36,80	8394	39,69	9672	40,75	11099
3	28,98	6708	30,20	7877	31,57	9194	33,75	*8878*	34,66	*8560*
3,5	25,43	7246	26,28	*6965*	27,56	*6788*	29,16	*6759*	30,49	*6579*
4	22,17	*5555*	23,58	*5481*	24,65	*5389*	26,16	—	27,29	—
4,5	20,23	*4507*	21,05	*4480*	21,89	—	23,82	—	24,28	—
5	18,52	—	19,22	—	20,25	—	21,42	—	21,70	—
5,5	17,17	—	17,85	—	18,55	—	19,37	—	19,91	—
6	15,88	—	16,60	—	17,27	—	18,12	—	18,57	—
6,5	14,50	—	15,40	—	16,08	—	16,84	—	17,39	—
7	13,61	—	14,29	—	14,86	—	15,73	—	16,24	—
7,5	12,83	—	13,18	—	13,66	—	14,65	—	15,15	—
8	12,07	—	12,50	—	12,97	—	13,64	—	14,15	—
8,5	11,34	—	11,88	—	12,33	—	12,90	—	13,48	—
9	10,67	—	11,35	—	11,70	—	12,29	—	12,96	—
9,5	10,06	—	11,05	—	11,13	—	11,71	—	12,38	—
10	9,66	—	9,79	—	10,70	—	12,28	—	11,99	—

O CÁLCULO DO BETÃO ARMADO APLICADO AOS EDIFÍCIOS

POR
J. DE CANG
Engenheiro civil
Professor da Universidade do Trabalho de Charleroi

(Conclusão)

B — Fundações sob paredes

As fundações sob paredes podem ser constituídas por sapatas de secção rectangular (fig. 156) ou trapezoidal. A largura a da sapata depende da resistência do solo.

Designemos por:

p — a resistência do solo por centímetro quadrado

P — a carga por metro corrente transmitida pela parede

P' — o pêso por metro corrente de sapata e das terras que a cobrem.

Podemos escrever:

$$p = \frac{P + P'}{100\ a}$$

donde:

$$a = \frac{P + P'}{100\ a}$$

Como o pêso da sapata e das terras que a cobrem é equilibrado pela reacção do solo, não se produz nenhuma flexão. Calcularemos portanto a sapata, apenas para a carga P transmitida pela parede.

O momento flector no eixo da sapata tem o seguinte valor:

$$M = \frac{P}{2} \times \frac{a}{4} - \frac{P}{2} \times \frac{b}{4}$$

$$= \frac{P}{8}(a - b)$$

Altura útil da sapata:

$$h = A\sqrt{\frac{M}{1}}$$

Secção das armaduras por metro corrente de sapata:

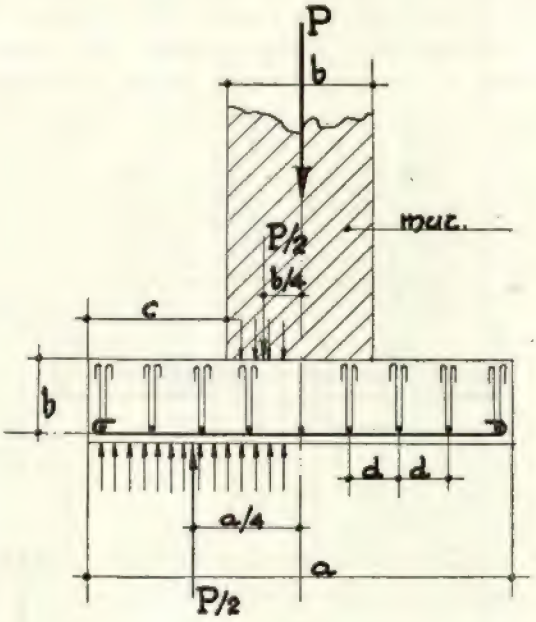


Fig. 156

$$\omega = B\frac{M}{h}$$

Verificação da resistência ao escorregamento longitudinal:

$$\sigma = \frac{T}{100\ (0{,}75\ h)}$$

Esfôrço transverso máximo (na largura c):

$$T = \frac{P\,c}{a}$$

donde:

$$\sigma = \frac{P\,c}{75\ ha}$$

Esta tensão nunca poderá ultrapassar o limite admitido, devendo ser previstos estribos quando fôr superior a 4 kg/cm². Os estribos devem ser geralmente distribuídos em várias filas paralelas à parede. Se designarmos por d a distância entre as diferentes filas e por s a

secção total dos estribos, por metro de comprimento de parede, em cada fila, poderemos escrever:

$$s = \frac{T\,d}{t\,(0{,}75\,h)} = \frac{\frac{P\,c}{a}\,d}{1200\,(0{,}75\,h)}$$

A altura útil mínima, acima da qual se não tornam necessários estribos pode ser deduzida da expressão (36):

$$h = \frac{T}{0{,}75\,\sigma \times 100}$$

na qual bastará substituir σ por 4 kg/cm².

C — Ensoleiramentos de betão armado

Quando nos encontramos em presença de um terreno mediocre, sucede que as larguras das sapatas das várias paredes são muito grandes e ficam por vezes muito próximas. Neste caso torna-se interessante estabelecer um ensoleiramento geral em betão armado. Os ensoleiramentos podem ser constituidos por uma lage de espessura uniforme, ou por lages nervuradas (figs. 157 e 158). O emprêgo de uma lage de espessura uniforme não é aconselhável senão para pequenas construções. Na medida do possível, deve-se proceder de maneira a que o centro de gravidade da construção corresponda ao centro de gravidade do ensoleiramento, de modo a que se obtenha uma pressão sôbre o solo o mais uniforme possível. O cálculo do ensoleiramento faz-se considerando o conjunto como um pavimento invertido, em que a reacção do solo corresponde à sobrecarga, não se tornando necessário entrar com o pêso próprio da lage, pois êste é directamente equilibrado pela mesma reacção. As nervuras podem ser dispostas na parte superior ou na parte inferior da lage.

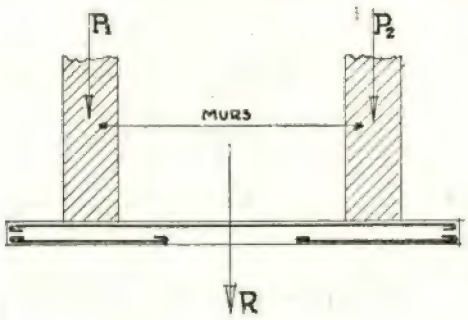


Fig. 157

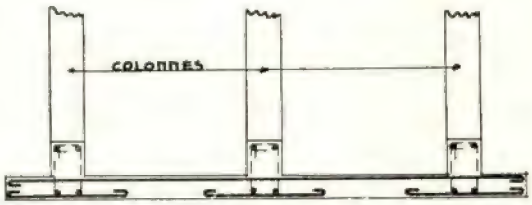


Fig. 158

D — Fundações sôbre poços

Quando o terreno resistente se encontra a uma grande profundidade podemos recorrer à execução de poços. Os poços colocam-se geralmente nos locais mais carregados e principalmente nos cunhais, nas intersecções das paredes, sob os nembos, etc., sendo a secção mais utilizada a cilíndrica. Empregam-se por vezes poços de secção rectangular ou quadrada, mas sòmente em casos muito especiais. As dimensões dos poços dependem da carga a transmitir e da resistência do terreno, devendo também permitirem o trabalho de um homem no seu interior.

Antigamente os poços eram ligados entre si por arcos de alvenaria, mas actualmente empregam-se vigas contínuas de betão armado. Estas vigas têm a vantagem de suprimir as impulsões horizontais e de constituirem uma cinta ligando as cabeças dos poços.

As vigas que suportam as empenas devem ser calculadas para cargas triangulares de alvenaria, como para o caso dos linteis (parágrafo 1.º — Capitulo II). Seria um êrro calcular estas vigas para a totalidade da carga de alvenaria, pois a partir de uma certa altura esta alvenaria forma uma abóbada e transmite

directamente as cargas aos poços. O cálculo das cargas triangulares, bem como o traçado dos diagramas dos momentos flectores, serão feitos de acôrdo com o indicado para os lintéis.

Para as vigas que suportam as fachadas, seria igulmente excessivo supor que estas vigas recebem todo o seu pêso. Com efeito como os poços estão colocados nos cunhais e sob os nembos, a maior parte do pêso da fachada transmite-se directamente aos poços. Parece-nos razoável admitir-se que estas vigas suportam uma carga uniformemente distribuída, compreendendo o pêso das alvenarias existentes entre as vigas e os peitoris das janelas do primeiro pavimento, e as cargas transmitidas por êste pavimento. É evidente que se as paredes até ao primeiro pavimento forem completamente cheias, numa altura igual no mínimo a 3/4 da maior distância entre poços, poderemos considerar sôbre as vigas cargas triangulares de alvenaria.

APLICAÇÃO NUMÉRICA

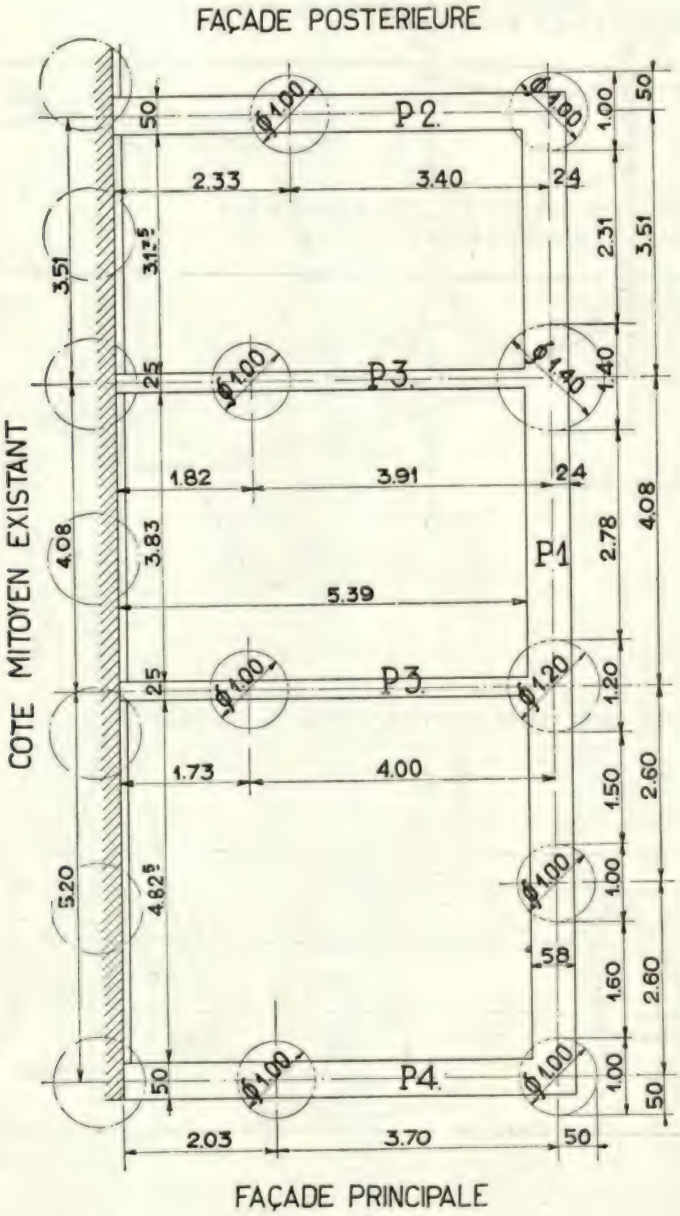


Fig. 159

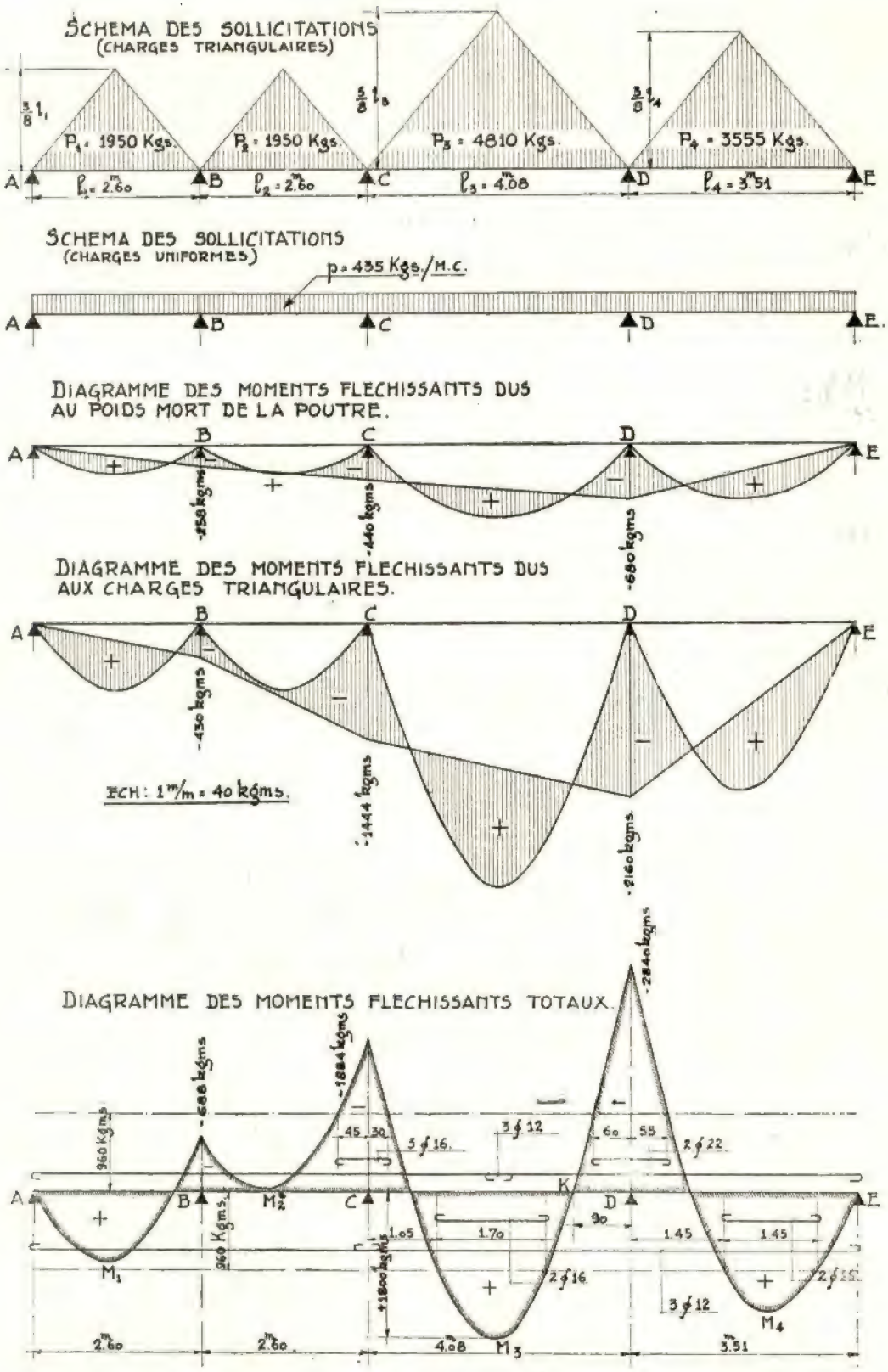

SCHEMA DES SOLLICITATIONS
(CHARGES TRIANGULAIRES)
P1 = 1950 Kgs.
P2 = 1950 Kgs.
P3 = 4810 Kgs.
P4 = 3555 Kgs.
l1 = 2.60
l2 = 2.60
l3 = 4.08
l4 = 3.51
SCHEMA DES SOLLICITATIONS
(CHARGES UNIFORMES)
p = 435 Kgs./M.C.
DIAGRAMME DES MOMENTS FLECHISSANTS DUS
AU POIDS MORT DE LA POUTRE.
-250 kgms
-440 kgms
-680 kgms
DIAGRAMME DES MOMENTS FLECHISSANTS DUS
AUX CHARGES TRIANGULAIRES.
-430 kgms
-1444 kgms
-2160 kgms
ECH: 1m/m = 40 kgms.
DIAGRAMME DES MOMENTS FLECHISSANTS TOTAUX.
-2840 kgms
-1884 kgms
-688 kgms
960 Kgms
960 Kgms
+1800 kgms
3 ϕ 16
3 ϕ 12
2 ϕ 22
2 ϕ 16
2 ϕ 16
3 ϕ 12
M1
M2
M3
M4
K

Fig. 160

A disposição dos poços está representada na fig. 159. Vamos limitar-nos, apenas, a indicar o cálculo da viga P_1 que suporta a parede de separação. As paredes, nas fundações, tem 48 cm de espessura. Daremos à viga 58 cm de largura e vamos calculá-la como uma viga contínua de quatro tramos desiguais, sendo estes tramos medidos de eixo a eixo dos diferentes poços. No primeiro tramo AB (fig. 160) teremos uma carga triangular de alvenaria, igual a:

$P_1 = \frac{5}{16} p l_1^2$ (ver parágrafo 1 — Cálculo dos lintéis); em que p representa o pêso de parede por metro quadrado.

$$p = 0{,}48 \times \underset{\text{alvenaria}}{1800} + 0{,}03 + \underset{\text{rebôco}}{2000} = 924 \text{ kg/m}^2.$$

Esta carga triangular corresponde a uma altura de triângulo igual a 5/8 de vão do primeiro tramo, isto é: $5/8 \times 2{,}60 = 1{,}62$ m.

No segundo, terceiro e quarto tramos temos cargas triangulares respectivamente iguais a:

$$P_2 = \frac{5}{16} p l_2^2 = \frac{5}{16} 924 \times \overline{2{,}60}^2 = 1950 \text{ kgs}$$

$$P_3 = \frac{5}{16} p l_3^2 = \frac{5}{16} 924 \times \overline{4{,}08}^2 = 4810 \text{ kgs}$$

$$P_4 = \frac{5}{16} p l_4^2 = \frac{5}{16} 924 \times \overline{3{,}51}^2 = 3555 \text{ kgs}$$

Além disso a viga é solicitada ainda pelo seu pêso próprio.

Se admitirmos uma altura para a viga igual a 30 cm, teremos:

$$p_m = 0{,}58 \times 0{,}30\ 2500 = 345 \text{ kg/m. c.}$$

Cálculo dos momentos flectores devidos às sobrecargas triangulares

Os momentos nas secções dos apoios B, C e D serão dados pelas três equações seguintes (ver parágrafo 1 — Cálculo dos lintéis):

$$(1)\ 2 M_B + \frac{M_c\, l_2}{l_1 + l_2} = -\frac{5}{16\,(l_1 + l_2)} \times (P_1 l_2^2 + P_2 l_2^2)$$

$$(2) - 2 M_B - \frac{4 M_c\,(l_2 + l_3)}{l_2} - \frac{2 M_d\, l_3}{l_2} =$$

$$= + \frac{5}{8\, l_2} (P_2 l_2^2 + P_3 l_3^2)$$

$$(3)\ M_C\, l_3 + 2 M_D\,(l_3 + l_4) = -\frac{5}{15} (P_3 l_3^2 + P_4 l_4^2)$$

Substituindo os diferentes termos pelo seu valor, teremos:

$$(1')\ 2 M_B + \frac{M_C\ 2{,}60}{2{,}60 + 2{,}60} = -\frac{5}{16\,(2{,}60 + 2{,}60)}$$

$$\left(1950 \times \overline{2{,}60}^2 + 1950 \times \overline{2{,}60}^2\right)$$

$$(2') - 2 M_B - \frac{4 M_C\,(2{,}60 + 4{,}08)}{2{,}60} - \frac{2 M_D\ 4{,}08}{2{,}60} =$$

$$= \frac{5}{8 \times 2{,}60} \left(1950 \times \overline{2{,}60}^2 + 4810 \times \overline{4{,}08}^2\right)$$

$$(3')\ M_C\ 4{,}08 + 2 M_D\,(4{,}08 + 3{,}51) = -\frac{5}{16}$$

$$\left(4810 \times \overline{4{,}08}^2 + 3555 \times \overline{3{,}51}^2\right)$$

ou:

$$(1'')\quad 2 M_B + 0{,}5 M_C = -1585$$
$$(2'') - 2 M_B - 10{,}277\ M_C - 3{,}14\ M_D = +22.410$$
$$(3'')\quad 4{,}08\, M_C + 15{,}18\, M_D = -38.700$$

Adicionando as duas primeiras equações membro a membro, teremos:

$$-9{,}777\ M_C - 3{,}14\, M_D = +20.825$$

donde:

$$M_C = -\frac{20.825}{9.777} - \frac{3.14}{9.777} M_D$$
$$= -2130 - 0.321\, M_D$$

Snbstituindo M_C pelo seu valor na equação (3'') teremos:

$$-4{,}08 \times 2130 - 4{,}08 \times 0{,}321\, M_D +$$
$$+ 15{,}18\, M_D = -38.700$$

donde:

$$M_D = -\frac{30.000}{13{,}78} = -2160 \text{ kgms}$$

Substituindo M_D pelo seu valor na equação (3''):

$$4{,}08\ M_C + 15{,}18\ (-2160) = -38700$$

donde:

$$M_C = \frac{-38.700 + 32.810}{4{,}08} = -1444 \text{ kgms}$$

Substituindo M_C pelo seu valor na equação (1''):

$$2 M_B + 0{,}5\ (-1444) = -1585$$

donde:

$$M_B = \frac{-1585 + 722}{2} = -430 \text{ kgms}$$

temos portanto:

$$M_B = -\ 430 \text{ kgms}$$
$$M_C = -1444 \text{ kgms}$$
$$M_D = -2160 \text{ kgms}$$

O diagrama dos momentos flectores da viga está representado na fig. 160.

Cálculo dos momentos flectores devido ao pêso próprio da viga

($p = 435$ kgs/mc)

Os momentos nas secções dos apoios B, C e D são dados pelas três equações seguintes (ver parágrafo 1 — Cálculo dos lintéis):

$$(1) \quad 2M + \frac{M_C\, l_2}{l_1 + l_2} = -\frac{(p_1\, l_1 + p_2\, l_1^2)}{4\,(l_1 + l_2)}$$

$$(2) \quad -2M_B - \frac{4\,M_C\,(l_2 + l_3)}{l_2} - \frac{2\,M_D\, l_3}{l_2} = +\frac{(p_2\, l_2^3 + p_3\, l_3^3)}{2\, l_2}$$

$$(3) \quad M_C\, l_3 + 2\,M_D\,(l_3 + l_4) = -\frac{(p_3\, l_3^3 + p_3\, l_4^3)}{4}$$

Substituindo os diferentes termos pelos seus valores, teremos:

$$(1') \quad 2M_B + \frac{M_C\, 2{,}60}{2.60 + 2{,}60} = -\frac{435 \times \overline{2{,}60}^3 + 435 \times \overline{2{,}60}^3}{4\,(2{,}60 + 2{,}60)}$$

$$(2') \quad -2M_B - 4\,M_C \frac{(2{,}60 + 4{,}08)}{2{,}60} - \frac{2\,M_D\, 4{,}08}{2{,}60} = +$$

$$= +\frac{435 \times \overline{2{,}60}^3 + 435 \times \overline{4{,}08}^3}{2 \times 260}$$

$$(3') \quad M_C\, 4{,}08 + 2\,M_D\,(4{,}07 + 3{,}51) = -$$

$$= -\frac{435 \times \overline{4{,}08}^3 - 435 \times \overline{3{,}51}^3}{4}$$

ou:

$$(1'') \quad 2\,M_B + 0{,}5\,M_C = -736$$
$$(2'') \quad -2\,M_B - 10{,}277\,M_C - 3{,}14\,M_D = +7150$$
$$(3') \quad 4{,}08\,M_C + 15{,}18\,M_D = -12.085$$

Adicionando membro a membro as duas primeiras equações:

$$-9{,}777\,M_C - 3{,}14\,M_D = +6.414$$

donde:

$$M_C = -\frac{6.414}{9{,}777} - \frac{3{,}14}{9{,}777}\,M_D = -656 - 0{,}321\,M_D$$

Substituindo M_C pelo seu valor na equação (3''):

$$-4{,}08 \times 656 - 4{,}08 \times 0{,}321\,M_D + 15{,}18\,M_D = -12.035$$

donde:

$$M_D = -\frac{9.400}{13{,}78} = -680 \text{ kgms}$$

Substituindo M_D pelo seu valor na equação (3''):

$$4{,}07\,M_C + 15{,}18\,(-680) = -12.085$$

donde:

$$M_C = \frac{-12.085 + 10.320}{4{,}08} = -440 \text{ kgms}$$

Substituindo M_C pelo seu valor na equação (1''):

$$2\,M_{-M_B} + 0{,}5\,(-440) = -736$$

donde:

$$M_B = \frac{-736 + 220}{2} = -258 \text{ kgms}$$

O diagrama dos momentos flectores, devidos ao pêso próprio, está igualmente representado na fig. 160. Adicionando os diagramas dos momentos flectores, devidos às sobrecargas triangulares e ao pêso próprio, obteremos o diagrama desenhado na parte inferior da referida figura.

Os momentos flectores totais nas secções dos apoios B, C e D, tem os seguintes valores:

$$M_B = -430 - 258 = -688 \text{ kgms}$$
$$M_C = -1444 - 440 = -1884 \text{ kgms}$$
$$M_D = -2160 - 680 = -2840 \text{ kgms}$$

Cálculo dos diferentes elementos da viga

Examinando o diagrama dos momentos flectores totais (fig. 160) constata-se que o momento flector máximo se produz na secção do apoio D e tem o valor -2840 kgms.

A altura útil da viga é dada pela expressão (16):

$$h = A\sqrt{\frac{M}{a}}$$
$$= A\sqrt{\frac{2840}{0{,}58}}$$

O coeficiente $A = 3{,}45$ para $n = 50$ e $t = 12$ (Tabela I) donde:

$$h = 3{,}45\sqrt{\frac{2840}{0{,}58}}$$
$$= 242 \text{ mm}$$

Adoptaremos como altura total 300 mm.

A secção das armaduras de encastramento a colocar sôbre o apoio B, é dada pela expressão (17):

$$\omega = B\,\frac{M}{h}$$
$$= B\,\frac{2840}{(300 - 30)}$$

O coeficiente B terá o valor 95,60 para $n = 50$ e $t = 12$ (Tabela I).

Donde:
$$\omega = 95{,}60 \frac{2840}{270}$$
$$= 1005 \text{ mm}^2$$

Empregaremos 3 ø de 12 + 2 ø 22, com uma secção total de 1100 mm².

Prolongaremos os 3 varões de ø 12 de um extremo ao outro da viga, afim de assegurarmos a fixação dos estribos, e limitaremos os 2 varões de ø 22 nos pontos indicados no diagrama dos momentos flectores (fig. 160).

Para determinar estes pontos procederemos da forma seguinte:

1005 mm² podem resistir a 2840 kgms

1 mm² pode resistir a $\frac{2840}{1005}$ kgms

Logo, 340 mm² podem resistir a $\frac{2840 \times 340}{1005} =$ $= 960$ kgms.

Tracemos no diagrama dos momentos flectores (fig. 160) uma horizontal a uma distância do ponto D equivalente a 960 kgms.

Esta horizontal cortará o diagrama dos momentos negativos em dois pontos, que projectados sôbre o eixo da viga determinarão os limites dos varões de ø 22. No entanto daremos a estes dois varões um comprimento adicional, igual ao diâmetro do poço D (1,40), pois a secção de encastramento dêstes varões não se encontra no eixo do poço, mas sim junto às faces laterais.

No apoio C teremos um momento negativo de 1884 kgms, o que nos dará uma secção de armaduras igual a:
$$\omega = B \frac{M}{h}$$
$$= 95{,}60 \frac{1884}{270}$$
$$= 667 \text{ mm}^2$$

Esta secção pode ser realizada com 3 ø 12 + 2 ø 16 (742 mm²).

No apoio B produz-se um momento negativo igual a 688 kgms. Êste momento pode ser absorvido pelos 3 varões de ø 12 que são prolongados de um extremo ao outro, e que tem um momento resistente de 960 kgms, como já vimos.

O momento flector máximo positivo produz-se sensìvelmente a meio do terceiro tramo e tem o valor de 1840 kgms.

Secção das armaduras de flexão:
$$\omega = B \frac{M_3}{h}$$
$$= 95{,}60 \frac{1840}{270}$$
$$= 652 \text{ mm}^2$$

Empregaremos 3 ø de 12 + 2 ø 16, com uma secção total de 742 mm². Prolongaremos os 3 varões de ø 12 de um extremo ao outro da viga e limitaremos os dois outros varões de ø 16, nos pontos indicados no diagrama dos momentos flectores (fig. 160).

No quarto tramo produz-se um momento positivo, máximo, igual a 1500 kgms. Empregaremos igualmente 3 ø 12 + 2 ø 16.

O pormenor das armaduras da viga é dado na fig. 161.

Verificação da resistência ao escorregamento longitudinal

A tensão de trabalho do betão, ao escorregamento longitudinal, é dada em função dos momentos flectores pela expressão (34):
$$\tau = \frac{G}{a\,d}$$
em que G representa o esfôrço máximo de escorregamento longitudinal entre duas secções transversais. Examinando o diagrama dos momentos flectores, representado na fig. 160 verifica-se que êste esfôrço é máximo entre os pontos K e D.

Ora:
$$G = \frac{M_K - M_D}{b}$$
$$= \frac{284.000}{0{,}75 \times 30}$$
$$= 12.620 \text{ kgs}$$

donde:
$$\tau = \frac{G}{a\,d}$$
$$= \frac{12.620}{58 \times 90} = 2{,}40 \text{ kg/cm}^2 < 4 \text{ kg/cm}^2.$$

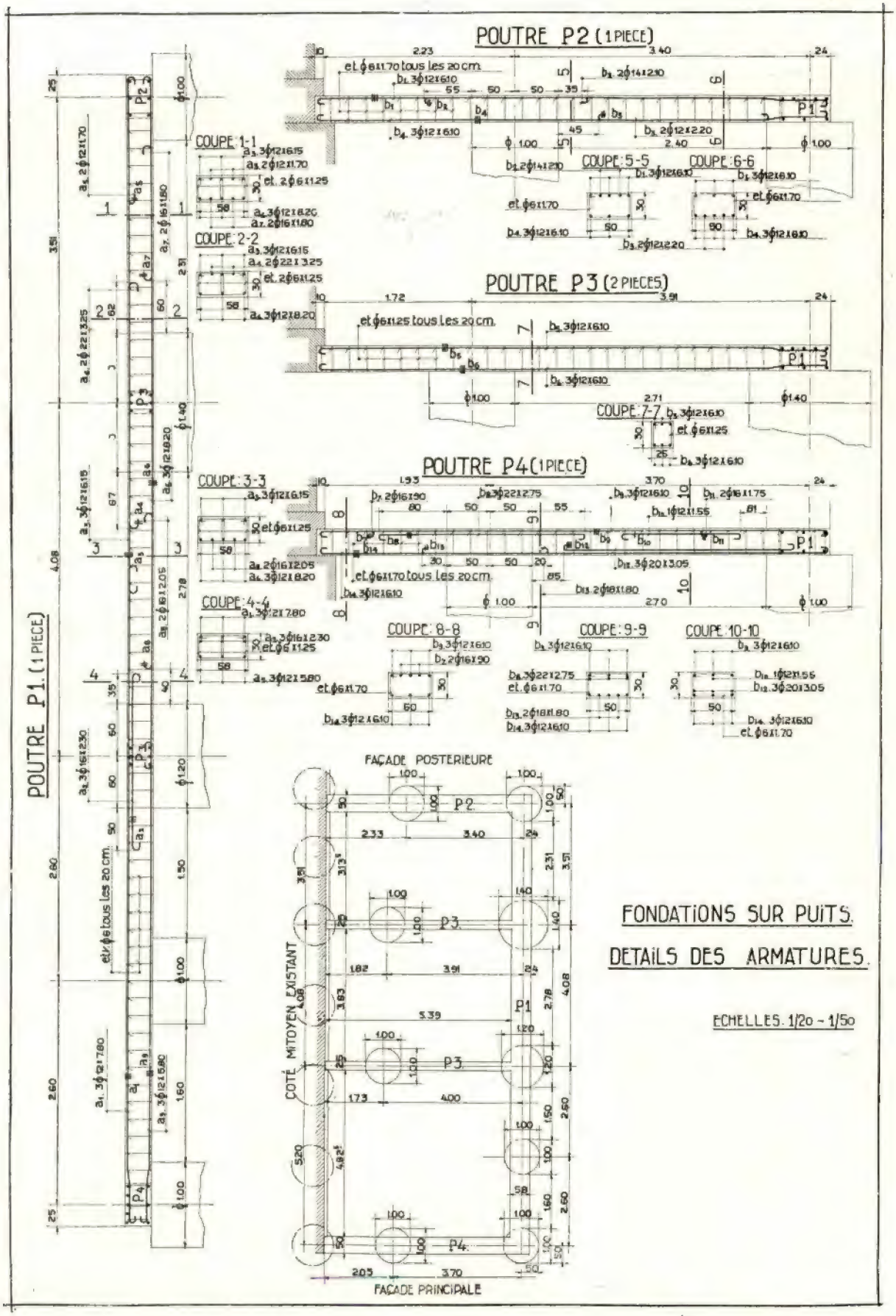

POUTRE P2 (1 PIECE)
POUTRE P3 (2 PIECES)
POUTRE P4 (1 PIECE)
POUTRE P1 (1 PIECE)
COUPE 1-1
COUPE 2-2
COUPE 3-3
COUPE 4-4
COUPE 5-5
COUPE 6-6
COUPE 7-7
COUPE 8-8
COUPE 9-9
COUPE 10-10
FAÇADE POSTERIEURE
FAÇADE PRINCIPALE
COTÉ MITOYEN EXISTANT
FONDATIONS SUR PUITS.
DETAILS DES ARMATURES.
ECHELLES. 1/20 - 1/50

Fig. 161

Teòricamente não são necessários estribos, mas colocaremos apesar disso estribos de ϕ 6, espaçados de 20 cm.

Cálculo dos poços

Geralmente, levam-se os poços até ao terreno resistente. Quando a profundidade não ultrapassar 2 a 3 metros, podemos calcular a sua secção dividindo a carga a transmitir pela resistência do terreno. Porém, quando a profundidade fôr bastante maior torna-se interessante calcular os poços entrado em linha de conta com o atrito do terreno sôbre as paredes do macisso. Neste caso, não é indispensável que os poços atinjam o terreno resistente. Aconselhamos para êste cálculo a fórmula de Vierendeel: [1]

$$P = h\delta\left(\omega + \frac{1}{6} f \gamma h \left(\frac{1 - \operatorname{sen}\alpha}{1 + \operatorname{sen}\alpha} + 6\,\frac{1 + \operatorname{sen}\alpha}{1 - \operatorname{sen}\alpha}\right)\right)$$

na qual:

P — Representa a carga limite que pode suportar o poço, isto é a carga a partir da qual se produz o movimento de descida, sendo-lhe aplicado um coeficiente de segurança variando entre 3 e 6.

h — representa a altura do poço.

δ — representa o pêso especifico dos terrenos atravessados.

ω — representa a secção do poço.

f — o coeficiente de atrito das terras atravessadas.

γ — o perímetro do poço.

α — o ângulo de talude natural das terras atravessadas.

Consideremos para exemplo o cálculo de um poço de 8 m de profundidade com 1,20 de diâmetro, suportando uma carga de 30.000 kgs e em que o terreno atravessado é constituído por aterros fortemente humedecidos (hipótese bastante desfavorável).

Admitiremos uma densidade $\delta = 1600$ kgs/m^3 e um ângulo $\alpha = 20^\circ$

Aplicando a fórmula indicada atrás teremos:

$$P = 8 \times 1600\left(1{,}13 + \frac{1}{6}\,0{,}36 \times 3{,}77 \times \right.$$
$$\left. \times\, 8\left(\frac{1 - 0{,}34}{1 + 0{,}34} + 6\,\frac{1 + 0{,}34}{1 - 0{,}34}\right)\right)$$
$$= 12.800\left(1{,}13 + \frac{1}{6} \times 0{,}36 \times 3{,}77 \times 8 \times 12{,}672\right)$$
$$= 12.800\ (1{,}13 + 22{,}94)$$
$$= 308.000 \text{ kgs.}$$

Aplicando um coeficiente de segurança igual a 6, obteremos como carga prática admissível:

$$\frac{308.000}{6} = 51.530 \text{ kgs}$$

Ora a carga real é igual a:

$$30.000 \text{ kgs} + \text{pêso do poço} = 30.000 + 1{,}13 \times \times 8 \times 1800 = 46.200 \text{ kgs.}$$

[1] Ver Technique des Travaux — Dezembro 1937,

8. — Cofragens [1]

A — Cálculo das peças comprimidas

No cálculo das peças comprimidas, devido à encurvadura, teremos que verificar a relação $\frac{l}{a}$, em que l representa o comprimento da peça e a a sua menor dimensão transversal.

A Tabela junta indica a carga prática admissível para os diferentes valores da relação $\frac{l}{a}$.

No caso de os montantes serem contraventados entre êles, por meio de tábuas de fôrro pregadas, (fig. 162), deve-se tomar uma distância de sinuosidade igual a $1{,}33 \times l$. Êste coeficiente foi estabelecido, tendo em conta que as tábuas de fôrro estão apenas pregadas.

Exemplo 1 — Determinar a carga que pode ser aplicada sôbre um montante com $18 \times 6{,}5$ contraventado por tábuas de fôrro distanciadas de 1,75 m.

$$\frac{l}{a} = \frac{1{,}75 \times 1{,}33}{6{,}5} = 35$$

Como a Tabela de Morin indica o valor 13 kg/cm², teremos:

$$P = 13 \times (18 \times 6{,}5) = 1520 \text{ kgs.}$$

Exemplo 2 — Determinar a carga que pode ser aplicada sôbre um prumo de 8 cm de diâmetro e de 2 m de altura.

$$\frac{l}{a} = \frac{200}{8} = 25$$

Tabela de Morin

$\frac{l}{a}$	0	12	14	16	18	20	24	28	32	36	40
R/cm²	40	30	28	26	25	23	20	17	15	13	11

Carga prática admissível:

$$P = \frac{\pi \times \overline{8}^2}{4} \times 20 = 100 \text{ kg/cm}^2$$

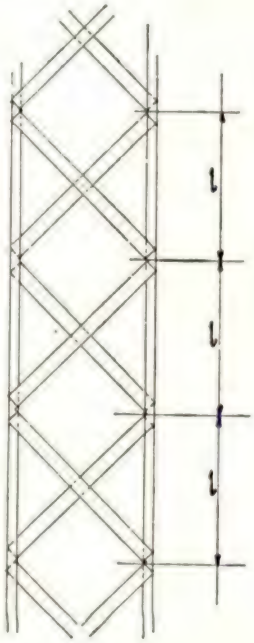


Fig. 162

---

[1] Na edição original, faz-se referência às dimensões das madeiras utilizadas e às secções correntes no mercado, na Bélgica, indicando a seguir os diferentes elementos adoptados ou sejam:

«Voliges» — que traduzimos como «tábuas de fôrro».
«Refendages» — que traduzimos como «vigotas»
«Rondins» — que traduzimos como «prumos redondos».

Déste modo, qualquer dúvida que possa surgir ao examinar as figuras cujas legendas estão em francês, poderá ser ràpidamente esclarecida, convindo notar que as espessuras das tábuas de fôrro (voliges) estão indicadas em polegadas. — (N. T.)

B — Cálculo das peças submetidas à flexão

A fadiga das peças submetidas à flexão não deve ultrapassar, sob acção do pêso próprio da cofragem e do pêso do betão, 25 kgs cm² para as tábuas de fôrro e 50 kgs/cm² para as vigotas. Estas fadigas são mais baixas do que as que se admitem em geral para a madeira (80 a 100 kgs/cm²), mas são determinadas em função da rigidez que devem ter as cofragens.

As peças flectidas podem ser colocadas ao baixo ou ao alto. A fadiga devida à flexão é dada pela expressão da flexão simples:

$$t = \frac{M}{\frac{I}{v}}$$

Se designarmos por e a espessura da peça, h a sua largura e l a distância entre apoios, teremos para o caso duma peça colocada ao baixo:

$$t = \frac{M}{\frac{h\,e^2}{6}} = \frac{\frac{pl^2}{8}}{\frac{h\,e^2}{6}} = \frac{3}{4}\,\frac{pl^2}{h\,e^2}$$

Para determinar a carga por metro corrente que pode suportar uma peça colocada ao baixo, basta tirar o valor de p da expressão acima:

$$p = \frac{4\,h\,e^2\,t}{3\,l^2}$$

ou: $p = \frac{400}{3}\,\frac{h\,e^2\,t}{l^2}$

em que para p expresso em kgs/mc, todos os outros termos virão em centímetros.

Exemplo 3 — Determinar a carga que pode suportar uma tábua de fôrro, colocada ao baixo, tendo 15 cm de largura e 2,5 cm de espessura. Os apoios distam de 1 metro.

Aplicando a expressão axima indicada, teremos:

$$p = \frac{400}{3}\,\frac{h\,e^2\,t}{l^2}$$

$$= \frac{400}{3}\,\frac{10{,}5 \times \overline{2{,}50}^2 \times 25}{\overline{100}^2}$$

$$= 22 \text{ kg/m. c.}$$

Geralmente, faz-se uso de Tabelas para o cálculo das peças flectidas, que nos dão os valores de $\frac{I}{v}$ das diferentos secções comerciais utilizadas.

No cálculo das paredes laterais das cofragens admite-se que a pressão lateral do betão é igual a $\frac{1}{5}$ da pressão vertical, adoptando-se como densidade do betão líquido 2200 kgs/m³

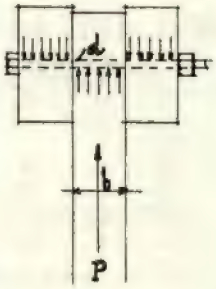


Fig. 163

Ligação por cavilhas.

A compressão da madeira segundo a secção diametral da cavilha não deve ultrapassar 60 kg/cm², isto é: $\frac{P}{b\,d} \leq 60$ kg/cm².

C — Cofragem de um pilar

Na fig. 164 está representada uma cofragem de um pilar de dimensões normais (40 a 50 cm de lado).

COLONNE DE SECTION NORMALE.

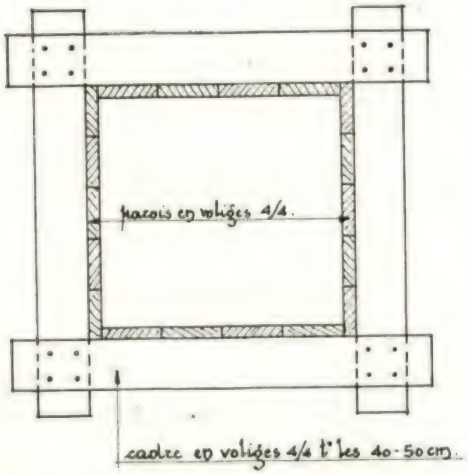


Fig. 164

As paredes laterais da cofragem são constituídas por tábuas de fôrro. Estas tábuas são ligadas por meio de quadros, igualmente executados com tábuas de fôrro, e espaçados de 40 a 50 cm.

Quando o pilar tem uma pequena secção ($\leq$ 25 cm) podem-se executar os quadros como está indicado na fig. 165.

COLONNE DE FAIBLE SECTION

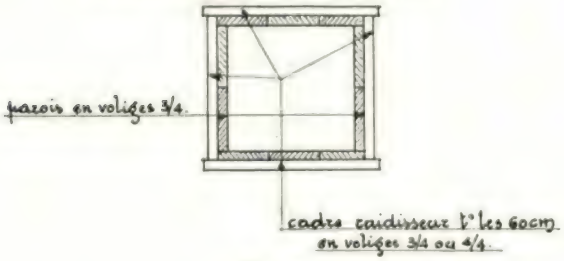


Fig. 165

Para os pilares de grande secção (fig. 166), substituem-se as paredes em tábuas de fôrro por vigotas, podendo manter-se os quadros em tábuas de fôrro. Quando a altura dos pilares ultrapassar 3 metros, é de aconselhar não executar a cofragem senão em três lados, sendo o quarto lado pregado à medida que se vai procedendo à betonagem (fig. 167). Evita-se assim que os diferentes elementos que constituem o betão se separem por ordem de densidades, devido à grande altura da queda.

COLONNE DE FORTE SECTION

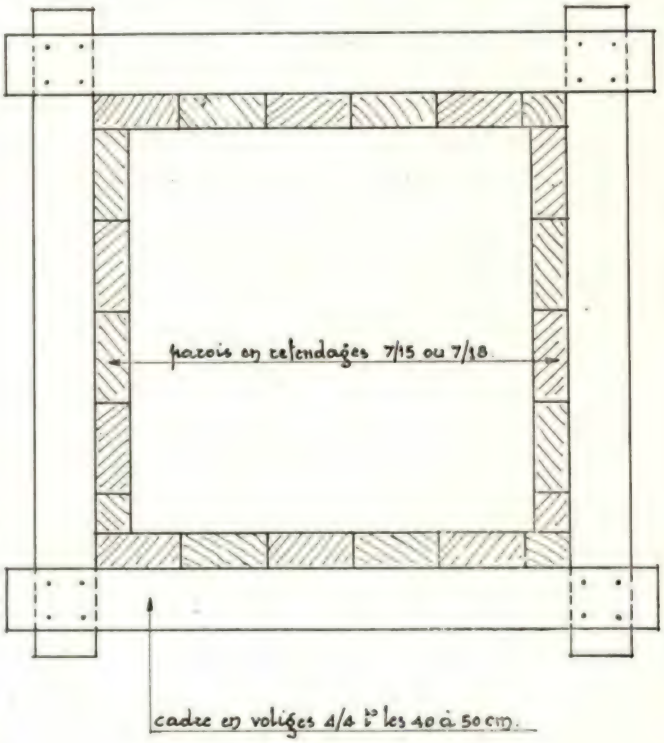


Fig. 166

COLONNE DE GRANDE HAUTEUR (> 3.00 m)

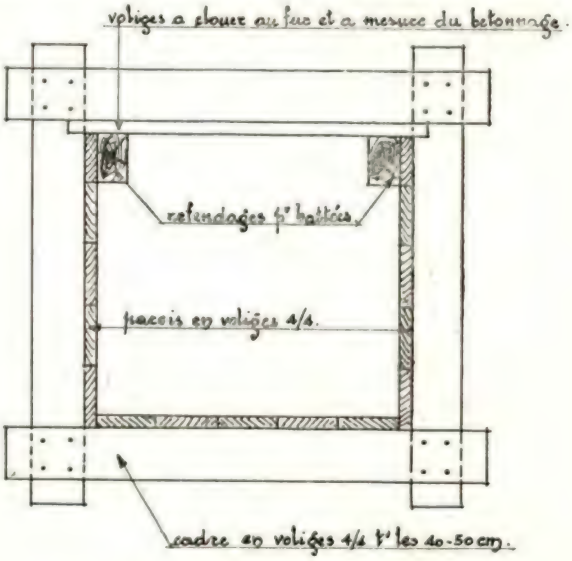


Fig. 167

POUTRE DE FAIBLE SECTION.

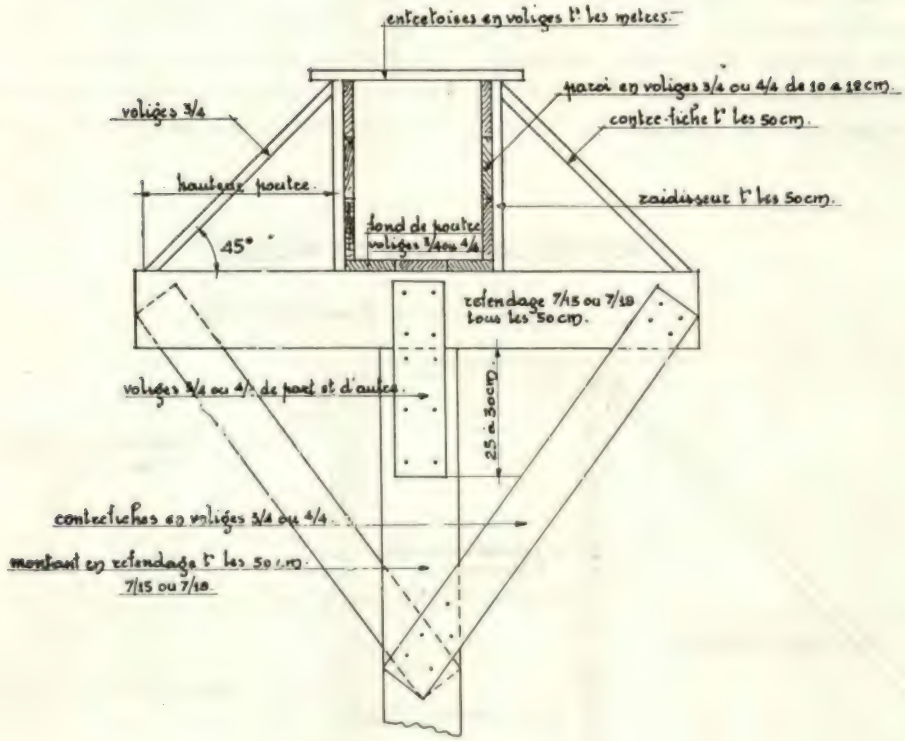


Fig. 168

D — Cofragem de uma viga isolada

Na fig. 169 está representada a cofragem de uma viga isolada de secção normal.

As paredes da cofragem são constituídas por tábuas de fôrro reünidas entre si por meio de peças verticais, igualmente executadas com tábuas de fôrro, espaçadas de 50 cm. A pressão lateral do betão sôbre as paredes da cofragem é absorvida por escoras também em tábua de fôrro inclinadas a 45°. Estas escoras distam entre si de 50 cm e apoiam-se sôbre travessas constituídas por vigotas. Sob cada travessa colocam-se dois montantes, constituídos por vigotas contraventadas com tábuas de fôrro.

Para as vigas de pequena secção, pode-se empregar um só montante. Teremos então a disposição indicada na fig. 168.

Para assegurar a estabilidade horizontal da cofragem pregam-se sôbre cada montante duas escoras em tábua de fôrro.

Quando a face inferior da viga é constituída por tábuas de fôrro, a distância entre montantes não pode ultrapassar 50 cm.

Se quisermos aumentar a distância entre montantes, é necessário substituir as tábuas de fôrro por vigotas, podendo então colocarem-se os montantes distanciados de 1,50 (fig. 170).

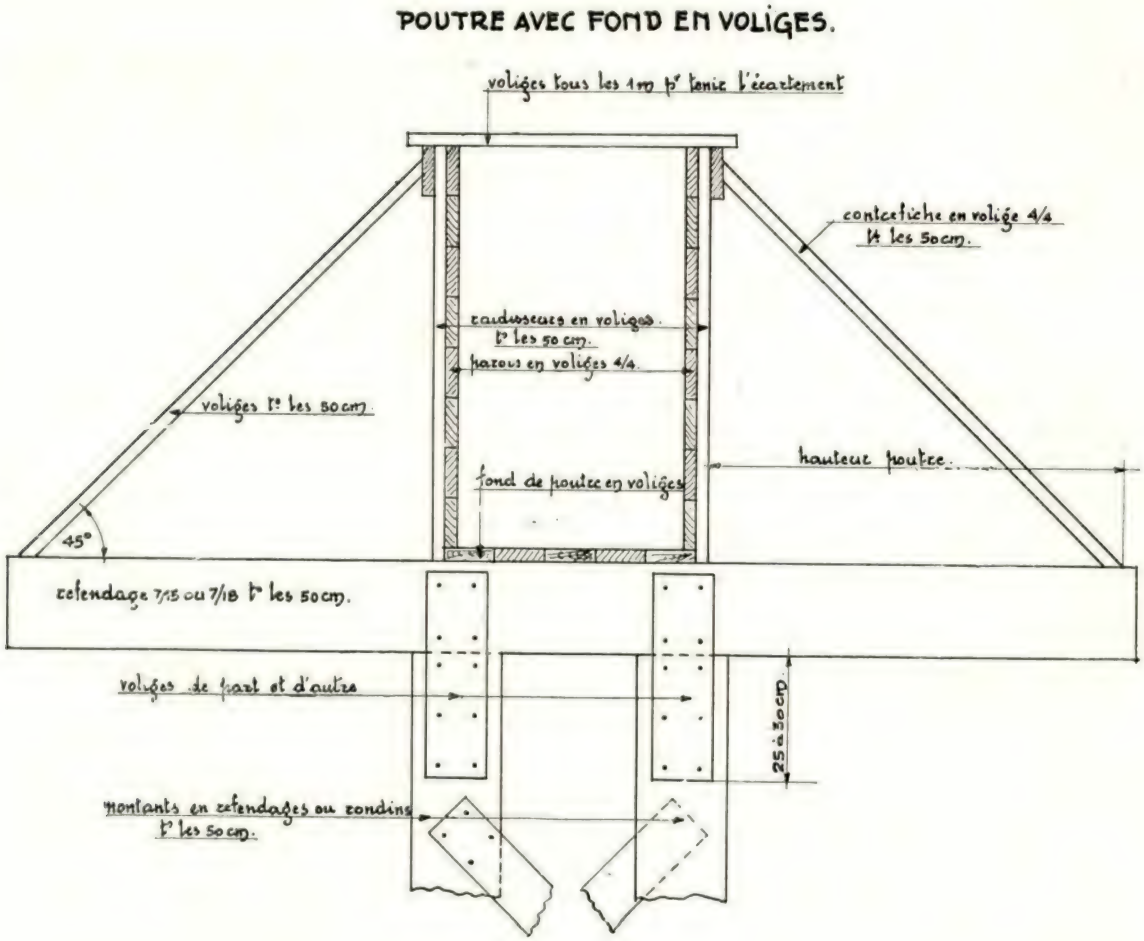


Fig. 169

POUTRE AVEC FOND EN REFENDAGE.

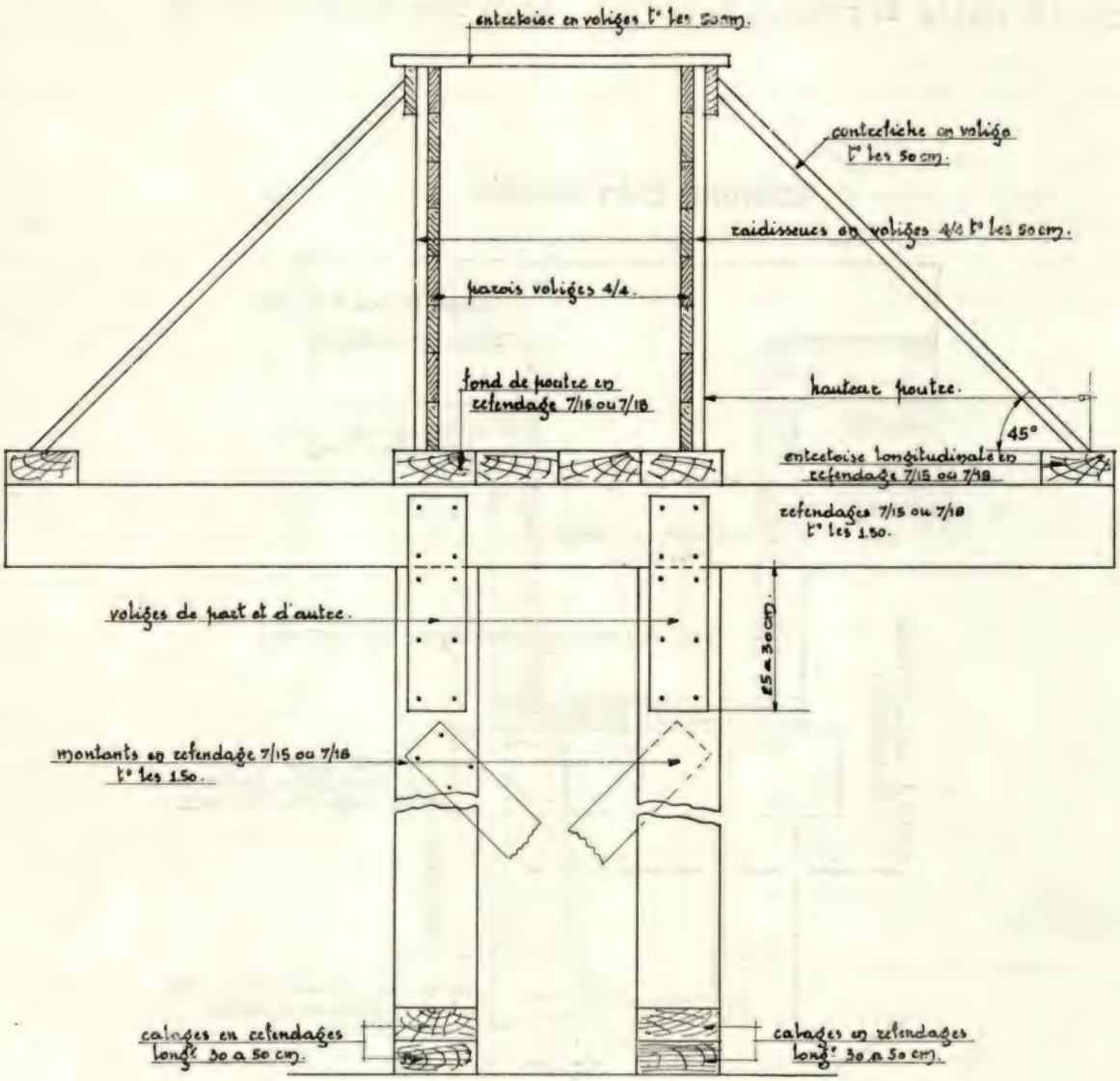


Fig. 170

E — Cofragem de uma lage nervurada

Na fig. 171 está representada uma cofragem de uma lage nervurada. A face inferior da lage é constituida por tábuas de fôrro que se apoiam sôbre travessas formadas por vigotas, distanciadas de 50 a 60 cm. Estas travessas, apoiam-se sôbre calços em tábua de fôrro postos ao alto e pregados às paredes da cofragem da nervura.

A face inferior da nervura pode ser constituída por tábuas de fôrro ou por vigotas, empregando-se as primeiras quando os montantes estão espaçados de 50 a 60 cm.

Se fôr conveniente aumentar estas distâncias poderemos empregar vigotas, podendo a distância entre suportes ir até 1.50.

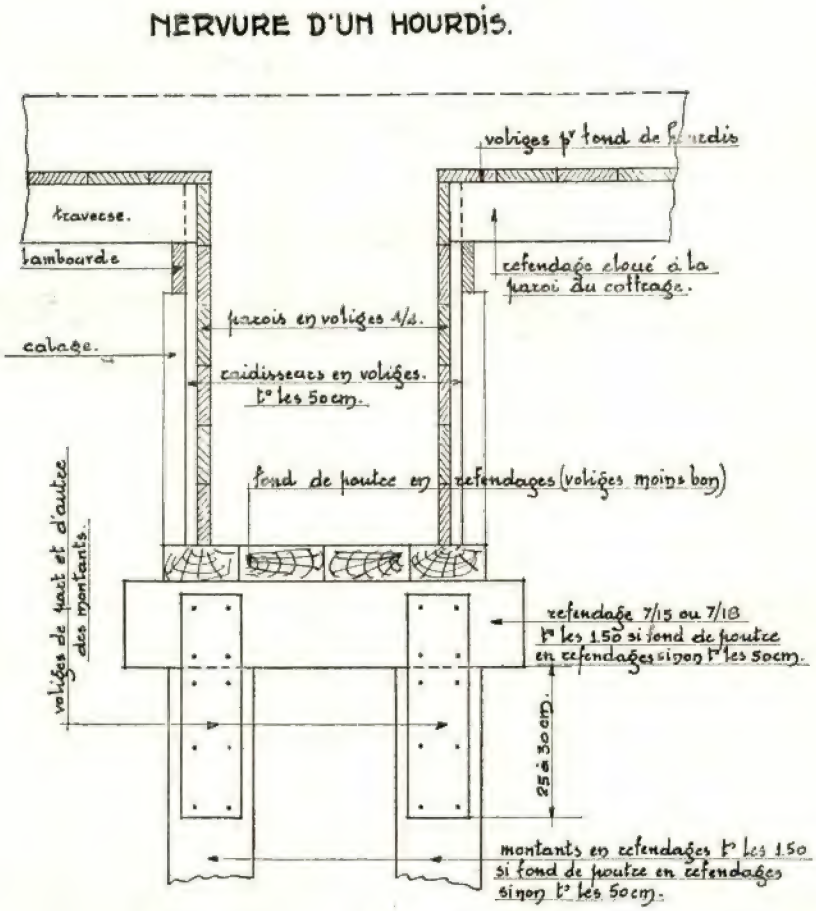


Fig. 171

9 — Anexo

A — Pórticos simples com os montantes encastrados na base

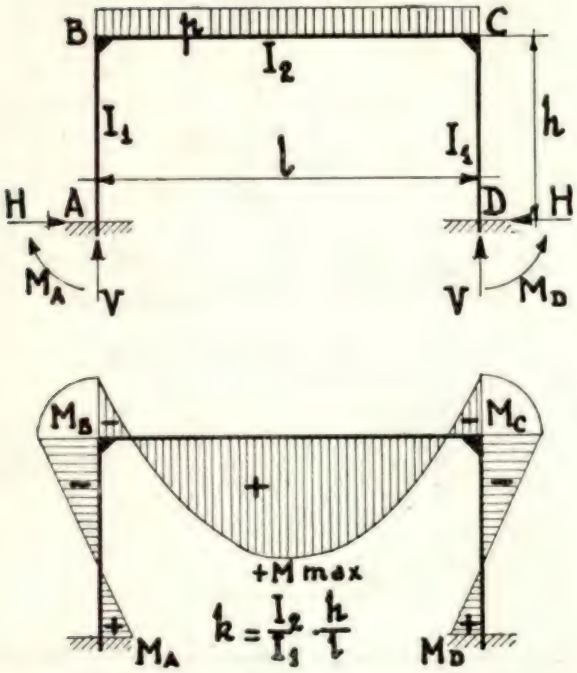


Fig. 172

$$H = \frac{p\,l^2}{4\,h\,(k+2)}$$

$$V = \frac{p\,l}{2}$$

$$M_A = M_D = \frac{p\,l^2}{12\,(k+2)}$$

$$M_B = M_C = +M_A - H\,h = -\frac{p\,l^2}{6\,(k+2)}$$

$$+M_{max} = \frac{p\,l^2}{8} - \underset{\substack{\downarrow \\ \text{em valor absoluto}}}{M_B} =$$

$$= \frac{p\,l^2}{24} \cdot \frac{2+3\,k}{k+2}$$

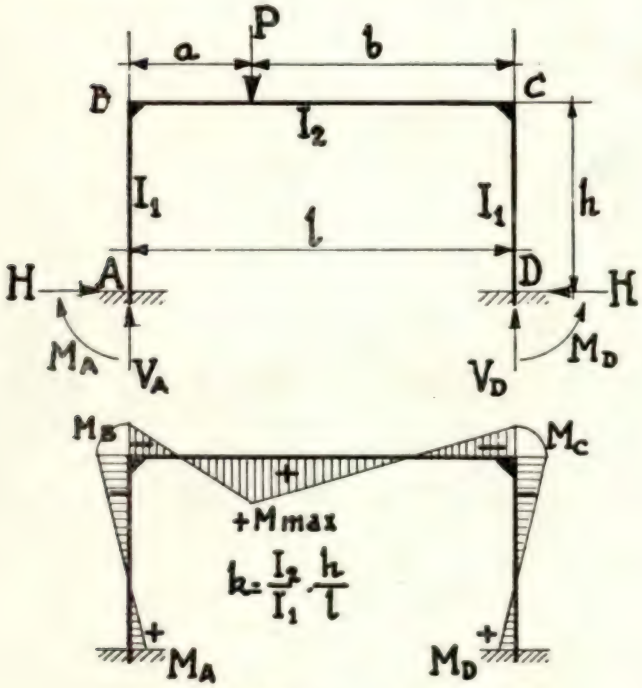


Fig. 173

$$H = \frac{3\,P\,a\,b}{2\,h\,l\,(k+2)}$$

$$V_A = \frac{P\,b}{l} \cdot \frac{1+\alpha-2\,\alpha^2+6\,k}{6\,k+1}$$

$$\alpha = \frac{a}{l}$$

$$V_D = P - V_A$$

$$M_A = +\frac{P\,a\,b}{2\,l} \cdot \frac{5\,k-1+2\,a\,(k+2)}{(k+2)\,(6\,k+1)}$$

$$M_D = +\frac{P\,a\,b}{2\,l} \cdot \frac{3+7\,k-2\,\alpha\,(k+2)}{(k+2)\,(6\,k+1)}$$

$$M_B = M_A - H\,h$$

$$M_C = M_D - H\,h$$

$$+M_{max} = M_A - H\,h + V_A\,a$$

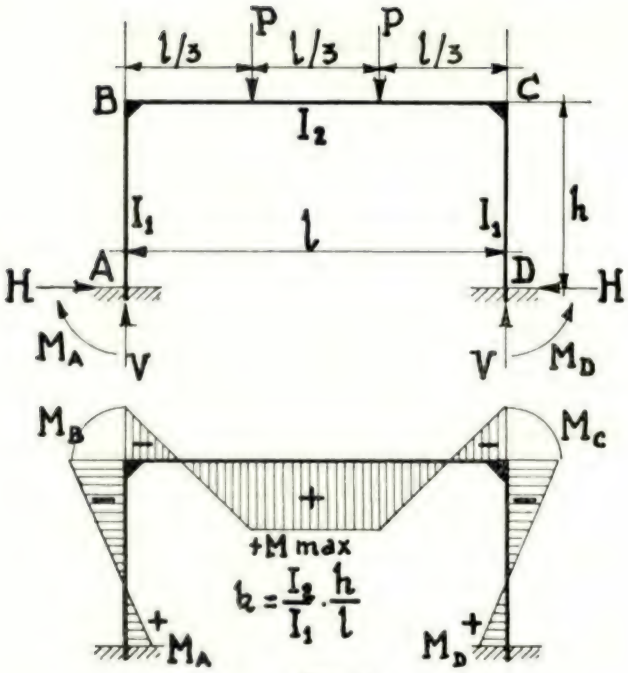


Fig. 174

$$H = \frac{5\,P\,l}{3\,h\,(k+2)}$$

$$V = P$$

$$M_A = M_D = \frac{2\,P\,l}{9\,(k+2)}$$

$$M_B = M_C = M_A - H\,h = -\frac{4\,P\,l}{9\,(k+2)}$$

$$+M_{max} = M_A - H\,h + V\,\frac{l}{3} =$$

$$= \frac{P\,l}{9}\,\frac{3k+2}{k+2}$$

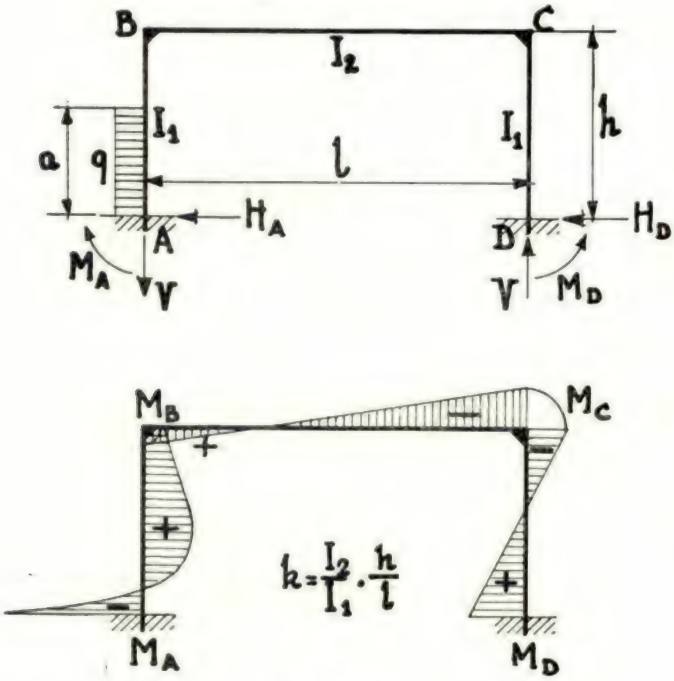


Fig. 175

$$H_D = \frac{9\,a\,\alpha^2}{8} \cdot \frac{4\,(k-1) - \alpha\,(2k+1)}{k+2}$$

$$\alpha = \frac{a}{h}$$

$$H_A = q\,a - H_D$$

$$V = \frac{q\,a^2\,\alpha\,k}{l\,(6k+1)}$$

$$M_A = -\frac{q\,a^2\,\alpha}{24}\left[\frac{12}{\alpha} - \frac{4\,(2k+3) - 3\,\alpha\,(k+1)}{k+2} - \frac{12\,k}{6\,k+1}\right]$$

$$M_D = +\frac{q\,a^2\,\alpha}{24}\left[+\frac{4\,(2k+3) - 3\,\alpha\,(k+1)}{k+2} - \frac{12\,k}{6\,k+1}\right]$$

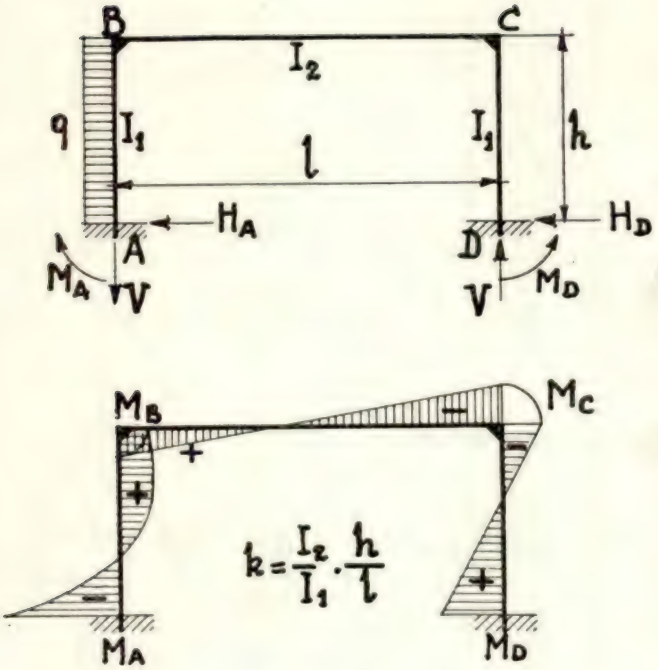


Fig. 176

$$H = \frac{q\,h}{8} \cdot \frac{2\,k + 3}{k + 2}$$

$$H_A = q\,h - H_D$$

$$V = \frac{q\,h^2 k}{l\,(6\,k + 1)}$$

$$M_A = -\frac{q\,h^2}{24}\left(12 - \frac{5\,k + 9}{k + 2} - \frac{16\,k}{6\,k + 1}\right)$$

$$M_D = +\frac{q\,h^2}{24}\left(+\frac{5\,k + 9}{k + 2} - \frac{12\,k}{6\,k + 1}\right)$$

$$M_B = M_A - H_D\,h + \frac{q\,h^2}{2}$$

$$M_C = M_D - H_D\,h$$

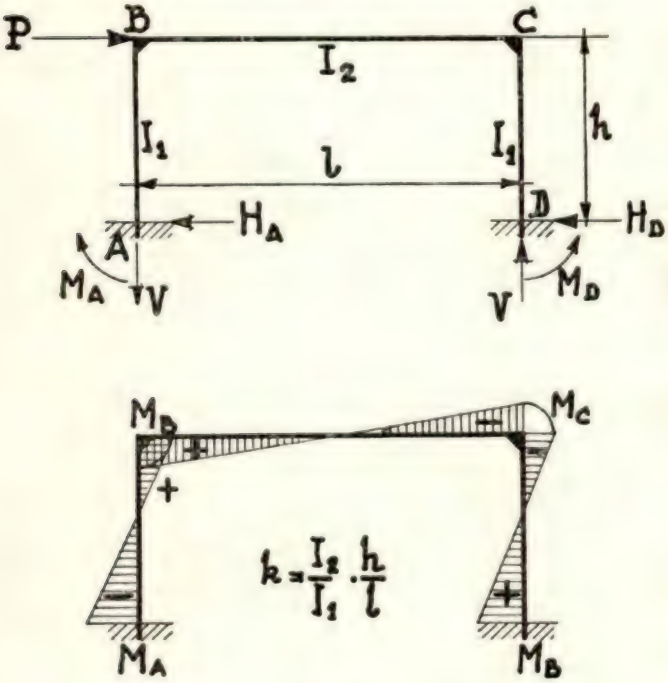


Fig. 177

$$H_A = H_D = \frac{P}{2}$$

$$V = \frac{3\,P\,h\,k}{l\,(6\,k + 1)}$$

$$M_A = -\frac{P\,h}{2} \cdot \frac{3\,k + 1}{6\,k + 1}$$

$$M_D = +\frac{P\,h}{2} \cdot \frac{3\,k + 1}{6\,k + 1}$$

$$M_B = +\frac{P\,h}{2} \cdot \frac{3\,k}{6\,k + 1}$$

$$M_C = \frac{P\,h}{2} \cdot \frac{3\,k}{6\,k + 1}$$

B — Pórticos simples com os montantes articulados na base

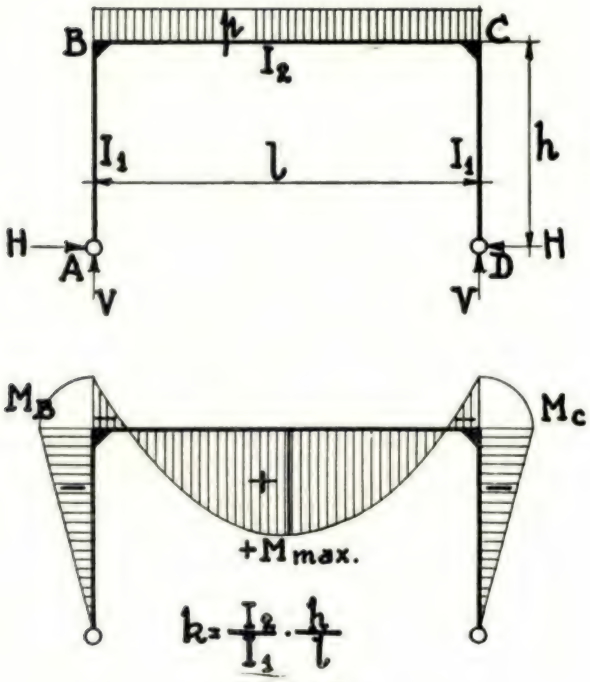


Fig. 178

$$H = \frac{P\,l^2}{4\,h\,(2\,k + 3)}$$

$$V = \frac{P\,l}{2}$$

$$M_B = M_C = -H\,h = -\frac{p\,l^2}{4\,(2\,k + 3)}$$

$$+M_{max} = V \cdot \frac{l}{2} - H\,h = \frac{p\,l^2}{8} \cdot \frac{2\,k + 1}{2\,k + 3}$$

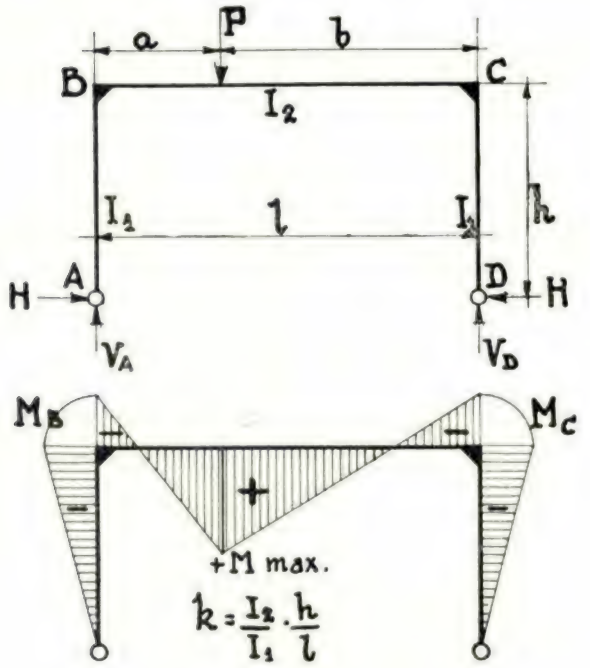


Fig. 179

$$H = \frac{3\,P\,a\,b}{2\,h\,l\,(2\,k + 3)}$$

$$V_A = \frac{P\,b}{l} \qquad V_D = \frac{P\,a}{l}$$

$$M_B = M_C = -H\,h = -\frac{3\,P\,a\,b}{2\,l\,(2\,k + 3)}$$

$$+M_{max} = V_A \cdot a - H\,h = \frac{P\,a\,b}{2\,l} \cdot \frac{4\,k + 3}{2\,k + 3}$$

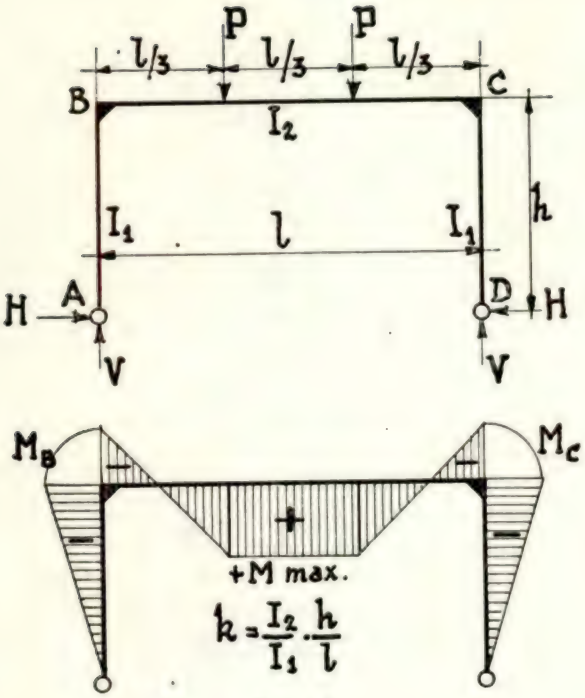


Fig. 180

$$H = \frac{2\,P\,l}{3\,h\,(2\,k+3)}$$

$$V = P$$

$$M_B = M_C = -H\,h\,\frac{2\,P\,l}{3\,(2\,k+3)}$$

$$+\,M_{max} = V\,\frac{l}{3} - H\,h = \frac{P\,l}{3}\cdot\frac{2\,k+1}{2\,k+3}$$

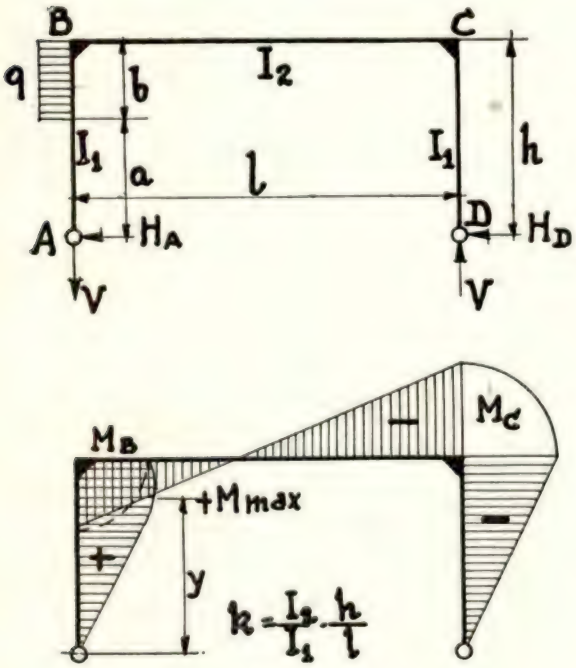


Fig. 181

$$H_A = \left\{\frac{q\,b}{8h^3\,(2k+3)}\,k\left[(8h^3 - b^3 + 4b^3 h) + 6h^2(b+2h)\right]\right\}$$

$$H_D = q\,b - H_A$$

$$V = \frac{q\,b}{2\,l}\,(h+a)$$

$$M_B = H_A\,h - \frac{q\,b^2}{2}$$

$$M_C = -(q\,b - H_A)\,h$$

$$+\,M_{max} = H_A\,y - \frac{q\,(y-a)^2}{2}$$

em que $y = \dfrac{H_A}{q} + a.$

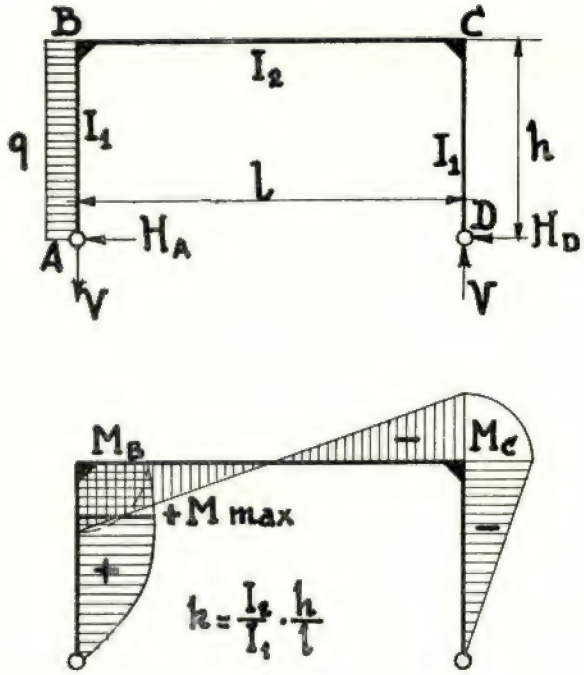


Fig. 182

$$H_A = \frac{q\,h}{8} \cdot \frac{11\,k + 18}{2\,k + 3}$$

$$H_D = q\,h - H$$

$$V = \frac{q\,h^2}{2\,l}$$

$$M_B = H_A\,h - \frac{q\,h^2}{2}$$

$$M_C = -(q\,h - H)\,h$$

$$+M_{max} = +\frac{q\,h^2}{128}\left(\frac{11\,k + 18}{2\,k + 3}\right)^2$$

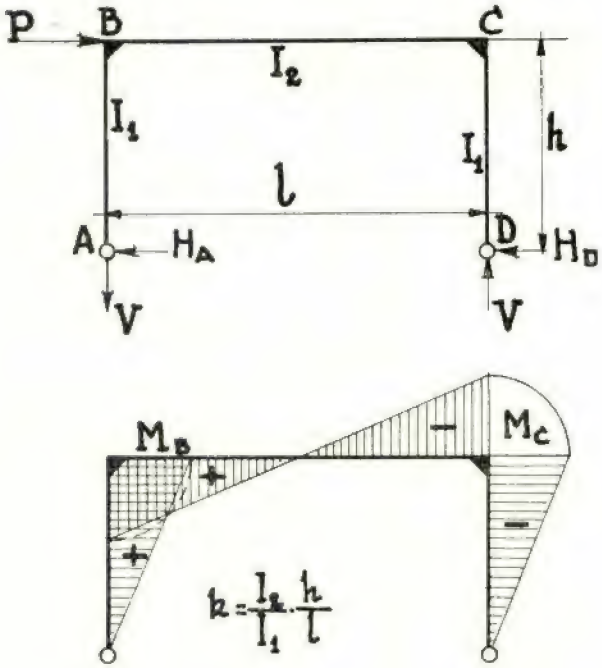


Fig. 183

$$H_A = H_D = \frac{P}{2}$$

$$V = \frac{P\,h}{l}$$

$$M_B = +\frac{P}{2}\,h$$

$$M_C = -\frac{P}{2}\,h$$

C — Pórticos duplos com os montantes articulados na base

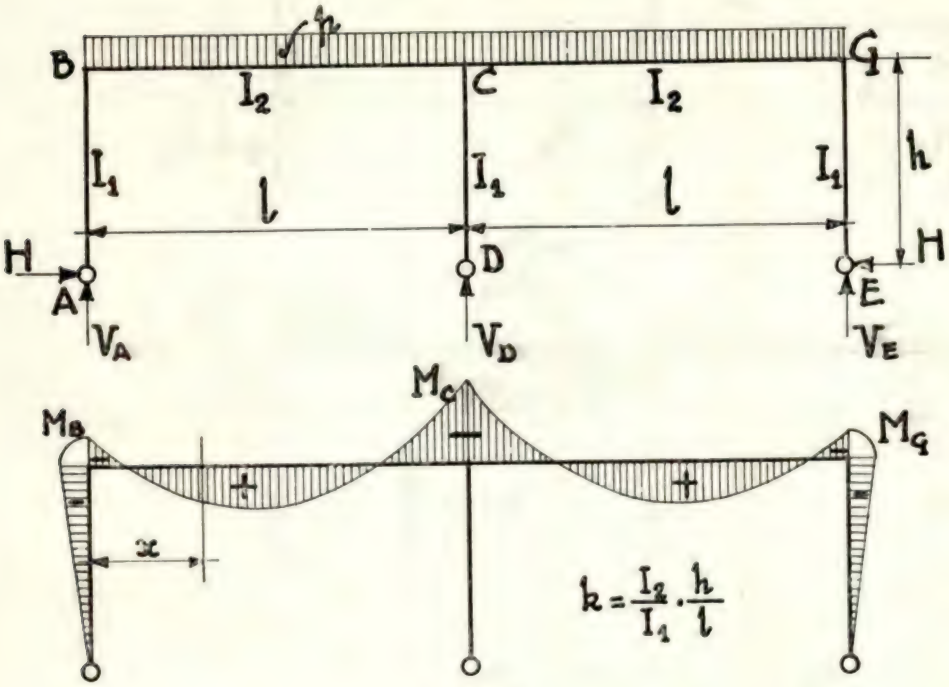


Fig. 184

$$H = \frac{P\,l^2}{16\,h\left(\frac{3}{4} + k\right)}$$

$$V_A = V_E = \frac{3}{2}\,p\,l \left(\frac{1 + k}{3 + 4\,k}\right)$$

$$V_D = 2\,p\,l - 2\,V_A$$

$$M_B = M_G = -H\,h$$

$$M_C = V_A\,l - H\,h - \frac{p\,l^2}{2}$$

$$M_x = V_A\,x - H\,h - \frac{p\,x^2}{2}$$

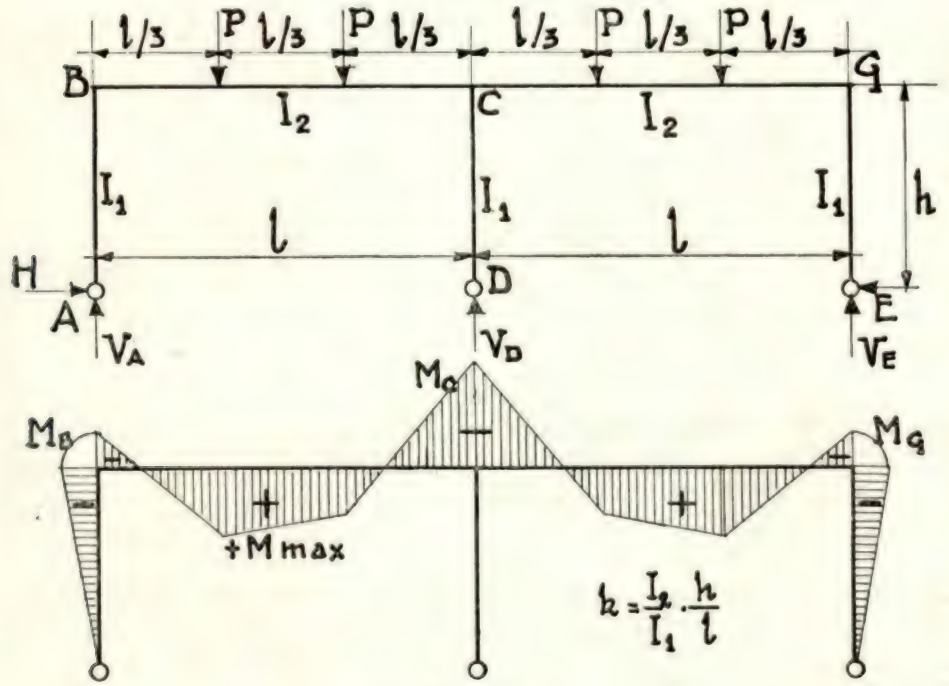


Fig. 185

$$H = \frac{P\,l}{6\,h\left(\frac{3}{4} + k\right)}$$

$$V_A = V_E = \frac{P\,(8\,k + 9)}{3\,(3 + 4\,k)}$$

$$V_D = 4\,P - 2\,V_A$$

$$M_B = M_G = -H\,h$$

$$M_C = V_A\,l - H\,h - P\,l$$

$$+M_{max} = \frac{V\,a\,l}{3} - H\,h$$

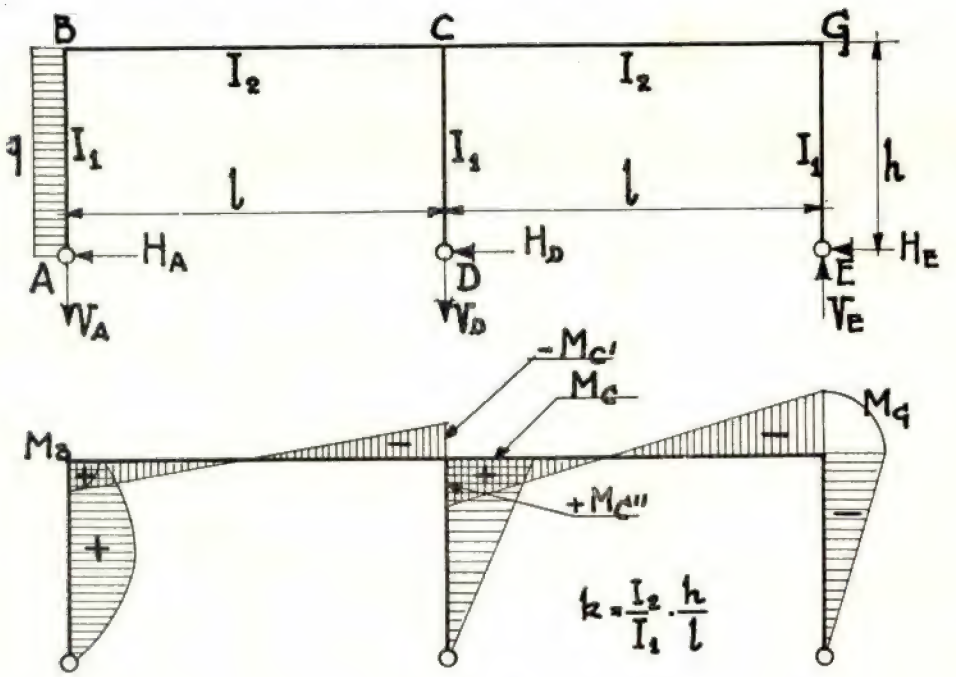


Fig. 186

$$H_A = \frac{3\,q\,h}{16} \cdot \frac{(k-1)}{\left(k + \frac{3}{5}\right)} + \frac{q\,h}{48} \cdot \frac{(19\,k + 18)}{(k+1)}$$

$$V_A = \frac{\left[2\,H_A - \frac{q\,h\,(19\,k + 18)}{24\,(k+1)}\right] 5\,h\,(k+3) - \frac{5}{8}\,q\,h^2\,(3\,k + 6)}{15\,l}$$

$$H_D = q\,h - H_A - H_E$$

$$H_E = -H_A + \frac{q\,h(19\,k + 18)}{24\,(k+1)}$$

$$V_E = \frac{q\,h^2}{2\,l} - V_A$$

$$V_D = V_E - V_A$$

$$M_B = H_A\,h - \frac{q\,h^2}{2}$$

$$M_G = -H_E\,h$$

$$M_{C'} = -H_D\,h$$

$$M_{C''} = -V_A\,l + H_A\,h - \frac{q\,h^2}{2}$$

$$M_{C''} = V_E\,l - H_E\,h$$

Nota da Redacção — *Ao terminar a publicação dêste curso, aproveita a «Técnica» para apresentar os seus agradecimentos ao Ex.mo Sr. Engenheiro Artur Bonneville Franco, pela sua desinteressada colaboração traduzindo e adaptando o referido curso.*

Encontra-se à venda na Redacção da *Técnica*, de 15 de Março em diante, ao preço de 95$00 (desconto de 10 % aos assinantes), a separata dos artigos do Curso de Betão Armado, do Eng.º J. De Cang, cuja publicação ficou concluída neste número.

ENSAIOS DE VIGAS DE BETÃO ARMADO

Dados práticos para determinação da carga de rotura à compressão

PELO ENG. CIVIL (I. S. T.) MANUEL BRAVO

É corrente, por vezes obrigatório, o ensaio à compressão do betão empregado nas obras de engenharia. O Regulamento Oficial prescreve o ensaio em cubos de 20 cm de aresta, a partir de cujas cargas de rotura se deduzem as cargas admissíveis no cálculo. Tudo isto se encontra estabelecido no R. B. A. de 1935, e não vale a pena alongarmo-nos em mais considerações, aí remetendo o leitor interessado.

É um facto provado, que o ensaio em cubos de betão pode dar resultados muito dispares, tanto entre si, como entre estes e a própria obra.

Podemos dizer, que o efeito de parede, dos moldes do cubo, podem, se se quiser, elevar extraordinàriamente a resistência unitária do cubo ensaiado, ainda que neste se tenha tentado, ou se julgue tê-lo feito, apiloamento semelhante ao da obra.

Manda a verdade dizer que, as mais das vezes, os valores dos resultados, obtidos com os cubos, divididos pelo coeficiente 3 do regulamento, são bastante superiores àqueles para os quais foram calculadas as peças às quais os ensaios se destinam.

Se, porventura, após aturadas experiências, se chegar à conclusão de que o coeficiente de segurança se mantém persistentemente, acima do valor regulamentar, não é económico o emprêgo de tal mistura, devendo variar-se as suas proporções a-fim de conseguirmos os resultados desejados com uma margem de segurança razoável, e nunca com a margem absolutamente atrabiliária usada tantas vezes.

Em geral o problema apresenta-se simplificado pelo facto de haver de antemão cálculos, aos quais, com as respectivas taxas de trabalho unitárias, a execução se deve subordinar.

A dosagem, também por vezes costuma ser preestabelecida, e então há que ver se ela satisfaz, com a margem de segurança desejada pelo construtor, às condições que os cálculos prevêem.

Numa obra, o seu valor relativo, as características especiais, a confiança que mereçam os materiais pela sua homogeneidade na seqüência do trabalho, as dificuldades de trabalho, os meios de que se dispõe no local, estabelecem os contornos que limitam a zona dentro da qual se deve encontrar o coeficiente de segurança.

Isto, pelo que diz respeito à carga de rotura do betão à compressão, pois que além desta, como é sabido, há mais que fixar dentro da execução de uma obra.

Contudo, tanto para se verificar a resistência duma dosagem, como para o fazer a escolha de outras que por ventura se tenham por mais convenientes, deve ter o engenheiro, processo simples e seguro de as avaliar, sem ter de recorrer a Laboratório Oficial, o que é não só moroso como dispendioso.

Além disso, em qualquer obra, ainda que importante, não é corrente a existência de aparelhagem apropriada para os ensaios de compressão de cubos de betão, e é de reconhecida vantagem, poder dispor o construtor da verificação constante do seu trabalho *in loco*.

É o que vamos indicar [1]. Trata-se do ensaio de vigas de betão, de 2,000 × 0,090 ×

[1] Vd. Normen for Jærnbeton — Konstruktioner udgivet af Dansk Ingeniörforenig — Köbenhavn — 1930.

$\times 0{,}065$, armadas com 2 varões de 12 mm de diâmetro, cujo centro dista da face inferior 15 mm (fig. 1).

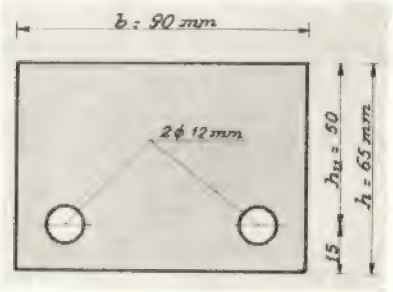


Fig. 1

(Como veremos mais adiante, êste afastamento pode variar durante a execução, devido ao apiloamento ou a quaisquer outras causas, entrando-se oportunamente em linha de conta com essa mudança de posição).

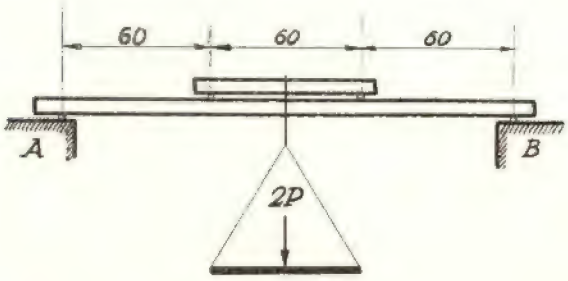


Fig. 2

O sistema de carga é o que se encontra representado na fig. 2.

A carga 2 P, indicada na fig. 2 e que se faz variar gradual e lentamente até à rotura da viga, serve-nos para determinar a carga de rotura do betão à compressão, por intermédio da fórmula

$$R'_b = \alpha P + 10 \text{ kg/cm}^2$$

em que α é um coeficiente que varia com as dimensões reais da viga e a posição das armaduras na secção de rotura, dado pelo quadro dos valores de α.

Valores de α

α	b (cm) =						
	8,5	8,7	8,9	9,0	9,1	9,3	9,5
h_u (cm)=4,5	1,28	1,26	1,23	1,22	1,21	1,19	1,17
» =4,7	1,18	1,16	1,14	1,13	1,12	1,10	1,08
» =4,9	1,10	1,08	1,06	1,05	1,04	1,02	1,00
» =5,0	1,06	1,04	1,02	1,01	1,00	0,98	0,96
» =5,1	1,02	1,00	0,98	0,97	0,96	0,95	0,93
» =5,3	0,95	0,93	0,91	0,91	0,90	0,88	0,87
» =5,5	0,89	0,87	0,85	0,85	0,84	0,82	0,81

A maneira prática de dispor a experiência é a seguinte: (fig. 3)

1 — Os apoios A e B, são dois barrotes de 10×10, enterrados no chão e salientes $2^m{,}00$. (Em caso de terreno compressível, tomar as disposições necessárias para que os apoios se não enterrem durante a experiência, pregando-lhe um pedaço de tábua na base). No tôpo de cada apoio, faz-se um entalhe, de modo a poder-se aí travar um varão de 20 mm de diâmetro sôbre o qual repousará a viga.

2 — A carga é constituída por uma caixa com dimensões à escolha e variáveis segundo o tipo do betão, tendo em atenção que:

Com uma caixa funda, é difícil vazar os baldes de areia e espalhá-la; a mesma dificuldade de manobra se encontrando numa caixa longa, em que para se espalhar a areia se tem de dar freqüentes encontrões na caixa. Para os ensaios com o betão corrente, uma caixa de $0{,}75 \times 0{,}75 \times 0{,}65$ é suficiente.

3 — Uma suspensão, feita de cabo de aço, ou outro material durável, e um distribuïdor de carga, constituïdo por um barrote de $10 \times 10 \times 80$, com 2 entalhes na face inferior distantes 30 cm do meio, dentro dos quais entram varões de 20 mm, por intermédio dos quais se descarrega na viga a carga 2 P, e um entalhe superior, a meio, onde entrará o cabo.

4 — Uma balança, um balde e uma rasoira com cabo comprido.

Como a caixa geralmente é de madeira,

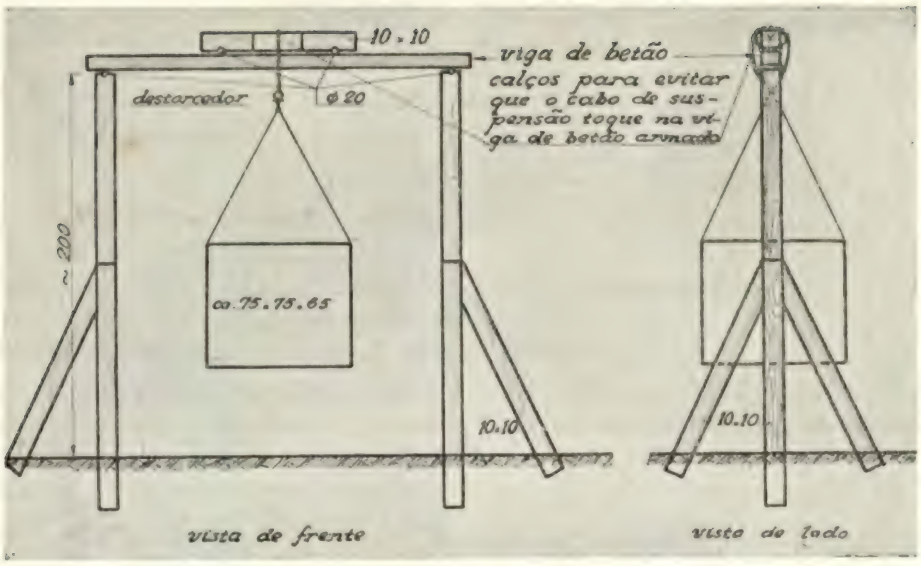


Fig. 3

convém pesá-la, cada dia, por causa da variação do seu pêso.

No caso de se quererem medir flexas, convém empregar cargas variáveis com a sensibilidade de variação da flexa.

Antes de se começar a experiência em cada viga, prèviamente numerada e anotados quaisquer defeitos a tomar em consideração na interpretação do resultado, mar-

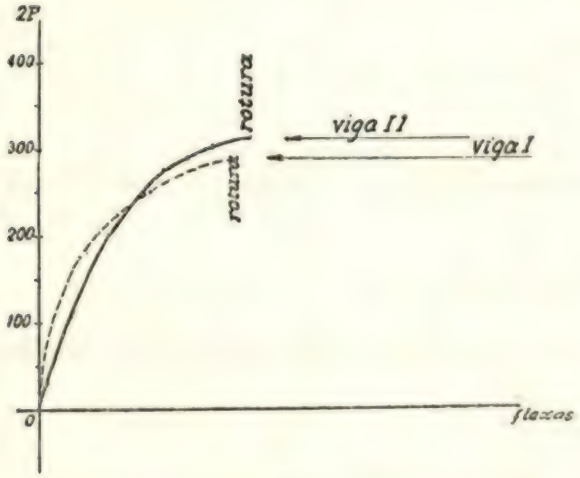


Fig. 4

cam-se-lhe 4 traços a lápis, 2 na face inferior, distantes 90 cm do meio da viga e 2 na face superior, distantes 30 cm do meio da viga, correspondentes aos ferros de 20 mm.

Depois da viga assente na sua posição, suspende-se-lhe por intermédio do distribuïdor de carga a caixa de madeira, tendo em conta que o pêso da caixa, também deve ser aplicado com cuidado.

A seguir vai-se carregando a caixa lentamente com quantidades de areia prèviamente pesadas e que se lançam e espalham lentamente.

Em 2 vigas experimentadas aos 7 dias os resultados foram os seguintes:

Viga I

$h_u = 45$ mm
$b = 90$ »
$\alpha = 1{,}22$

Cargas		flecha
100 kg		
175 »	.....	4,6 mm
250 »	.....	12,8 »
287,5 »	.....	rotura

Viga II

$h_u = 47$ mm
$b = 90$ »
$\alpha = 1{,}13$

Cargas		flecha
100 kg		
175 »	.....	6,7 mm
200 »	.....	8,0 »
250 »	.....	12,0 »
275 »	.....	14,3 »
287,5 »	.....	17,0 »
300 »	.....	20,0 »
310 »	.....	rotura

A partir dos dados anteriores podemos deduzir o gráfico estabelecido na fig. 4 e calcular as cargas de rotura respectivas.

Viga I

$$R'_b = 287{,}5 \cdot \frac{1}{2} \cdot 1{,}22 + 10 = 185{,}4 \text{ kg/cm}^2$$

Viga II

$$R'_b = 310 \cdot \frac{1}{2} \cdot 1{,}13 + 10 = 185{,}2 \text{ kg/cm}^2$$

Êste processo, que aplicámos dezenas de vezes, é simples e prático. É aconselhável o seu emprêgo aos 7 e aos 28 dias. A determinação da fadiga do aço, na viga de ensaio, pode achar-se por uma relação simples.

Este processo não substitui, é claro, os ensaios oficiais, mas dá as indicações necessárias a um estaleiro em laboração.

Ficaria muito satisfeito se a divulgação dêste processo, que agora faço, pudesse trazer alguma utilidade.

Completaram no ano lectivo de 1940-41, a parte escolar dos seus cursos os nossos colegas:

ENGENHARIA CIVIL

Carlos Krus Abecasis
Bettencourt Fernandes Moreno
António de Menezes Moura e Cruz
Joaquim Pereira Coutinho Teixeira Duarte
Frederico de Menezes Avelino Machado, Ricardo Vaz Pacheco de Castro e Vasco Jácome de Magalhãis
Manuel Nave Vaz Catalão
Eduardo Henriques dos Reis e Henrique Travassos Valdez
Manuel Leitão Pereira da Cruz
José Adolfo Pinto Elyseu, Francisco Vaz Pacheco de Castro e Raúl Andrade de Araújo
António Chaves Guimarãis
Manuel Silvério da Silva e Carlos Rodrigues Martins
Jaime Dias Cordeiro
Eduardo Melo de Oliveira, Manuel Neto Valente e Miguel Coelho Nunes
João Furtado Antas e Augusto Correia de Sousa Cavaco
Carlos Ponce Alvares
Gabriel Junqueira Rato
Carlos Pinto Coelho
Carlos Lepierre Tinoco

ENGENHARIA ELECTROTECNICA

António Nunes Coelho
José António Gil da Silva
José Leite Ribeiro Liebermeister
Álvaro Barreto das Neves e Manuel António Vidigal
José Farrajota dos Ramos
Mário Nogueira de Almeida e Manuel Pires Correia Leitão
Diogo José Antunes
Militão Rosa Pereira
Teófilo Lino de Sousa
Amaro Figueira
José dos Santos Martins

ENGENHARIA MECANICA

José Faria da Fonseca Santos
José Olaya Lopes Montoya
Abel Pessoa Lopes
António Fernandes de Barros
Henrique Vila Nova do Vale
António Mendes de Lemos Cabral
Rui Henriques da Silva

ENGENHARIA DE MINAS

Alexandre Avelar Barbosa
Vasco Mendes de Sousa
Eduardo Correia Pereira
Edgard Wahnon

ENGENHARIA QUÍMICO-INDUSTRIAL

Afonso Aurélio Morgenstern
António Martins Galvão

VIDA ESCOLAR E ASSOCIATIVA

Conselho de Delegados de Curso

A Direcção da Associação, ao proceder à criação dum Conselho de Delegados de Curso, pretendeu realizar a aproximação com a massa associativa, a seu ver indispensável.

A maneira como ela própria tinha sido escolhida impressionara a grandemente, não só porque tinha dúvidas sôbre se a escolha caíra sôbre os mais aptos como também nada sabia a respeito da atitude dos sócios em presença do facto consumado.

Viveu assim numa situação ingrata, intolerável até, sobretudo quando, em face dum sócio, se adivinhava nêle uma pregunta, a maior parte das vezes não formulada por razões de delicadeza, mas mais incómoda por isso mesmo.

Se consentiu em ocupar uma tal posição foi porque, logo de início, delineou o plano de considerar-se provisória e de proceder à formação dum Conselho de Delegados com poderes para acabar com êste estado de coisas.

Êste acto, em virtude do que está dito antes, é perfeitamente compreensível, não há nêle qualquer motivo extra-associativo, quando muito haverá o sentimento da responsabilidade perante os outros e da dúvida da competência própria.

A escolha duma Direcção da Associação dos Estu-

dantes em que influa o mais possível o parecer de cada um dos sócios, tal é, *fundamentalmente,* a razão de ser do Conselho de Delegados. E dizemos fundamentalmente, porque ela condiciona tôdas as outras actividades subsidiárias, que não apresentam nenhum carácter de regularidade ou permanência no tempo, ao passo que ela é uma questão que todos os anos se põe sempre com a mesma agudeza, se não para os alunos que julguem possuir uma infalibilidade na realidade inexistente, pelo menos para aqueles que têm consciência da necessidade de dirigir com o consentimento da maior parte dos que são dirigidos.

Como actividades subsidiárias, a que se faz referência acima, indicam-se, naturalmente, a elaboração da data dos exames e o parecer sôbre qualquer assunto de importância capital que a Direcção entenda dever submeter à sua apreciação. A primeira talvez dentro em pouco desapareça com a marcação, no princípio do ano lectivo, de todos os exames subseqüentes; a segunda não é certa, pois depende de factores imprevisíveis.

Além disto, o Conselho de Delegados escolherá os Conselhos Fiscal e Cultural, e simultâneamente constituirá um campo de colheita sensata para elementos formativos dos Conselhos citados e das novas Direcções.

Foi isto que a Direcção provisória pretendeu fazer e o fim foi atingido, pois forjou um organismo que já deu algumas provas elegendo a Direcção definitiva e o Conselho Fiscal.

As funções do Conselho de Delegados poderão ser alargadas, excepcional ou permanentemente, consoante as indicações da experiência.

O que é importante, porém, é precaver-nos contra uma actividade que, não correspondendo a nenhuma necessidade geral ou real, por ser devida apenas a dinamismo exagerado e pessoal, provocará, a breve trecho, um desinterêsse, que mostrará erradamente falta de compreensão da parte daqueles que são responsáveis para com os seus colegas do ano e curso: os membros do Conselho de Delegados.

Se *qualquer* dêles tem o direito de sugerir uma orientação ocasional para os trabalhos do Conselho, deve fazê-lo, no entanto, tendo em vista o juízo dos *outros* membros, para dêsse modo eliminar o que haja de particular e restrito na sua proposta e de imposição consciente ou inconsciente na sua atitude.

É preciso que cada um sacrifique um pouco a sua personalidade para que o conjunto resulte harmonioso e construtivo.

A Direcção

Grupo Desportivo — Secção de Xadrez

Após uma prova a todos os títulos brilhante, a equipe representativa da nossa Associação ganhou o 2.º campeonato de Xadrez de Lisboa por Equipes, que é a prova mais importante de quantas nesta modalidade se disputa em Portugal.

Que a nossa vitória foi justa, atestam-no os 2 pontos de diferença do 2.º classificado, por sua vez a 4 pontos do 3.º; êste resultado provará aos que, no ano passado, consideraram favorecida a nossa classificação, o nosso real valor.

Se atendermos a que o último «Campeonato Individual de Lisboa» foi também ganho por um representante nosso, teremos reünidas as razões em que nos fundamentamos para considerar o nosso núcleo de xadrezistas não só o mais forte da Capital como até de todo o País.

Para que possamos elevar ainda mais ou, pelo menos, manter o que até aqui se tem feito, é necessário que todos aqueles, que se interessam por este jôgo-ciência, não neguem a sua colaboração, praticando-o e aperfeiçoando os seus conhecimentos teóricos, para que amanhã venham a substituir os nossos actuais representantes que nos começam a abandonar...

DO MUNDO TÉCNICO

Os raios X na moderna indústria aeronáutica

O exame roentgenológico, ou por raios X, estende-se hoje, na construção de aviões, a tôdas as peças de responsabilidade, com o fim de garantir o máximo de segurança possível. Êste exame apresenta a vantagem de não destruir as peças observadas, o que se considera, evidentemente, muito vantajoso, sob o aspecto económico.

A aplicação dos raios X — que se produzem nos conhecidos tubos Roentgen (fig. 1) — assenta na propriedade do atravessamento de corpos opacos. A energia obsorvida nesse atravessamento depende da densidade e do pêso atónico das substâncias a examinar. Assim, o chumbo é, como se sabe, fortemente absorvente e, por isso, encontra inúmeras aplicações na Roentgenologia, como elemento protector.

esfôrço a suportar pela peça torne necessária a exacta verificação da homogeneidade do material, não deverá hesitar-se em recorrer ao método objectivo, pois a eficiência do processo subjectivo está muito dependente da qualidade dos alvos e das faculdades de observação do experimentador, que podem achar-se reduzidas pela fadiga, etc.

A maior visibilidade dos defeitos no processo objectivo deve-se, como se compreende, à graduação, sensibilidade, granulação e transparência das películas.

Na disposição dos meios para utilizar tal processo, tem de atender-se às distâncias tubo — película e proveta — película, bem como ao *ângulo de radiação* (fig. 2). Com efeito, uma distância insuficiente entre o tubo produtor dos raios X e a película, dará em resultado uma radiação demasiadamente enérgica e uma exagerada deformação da imagem — pois tal imagem é produzida por uma projecção central sôbre um plano, e a sua deformação será tanto maior quanto mais próximo estiver do plano, o centro de projecção — deformação

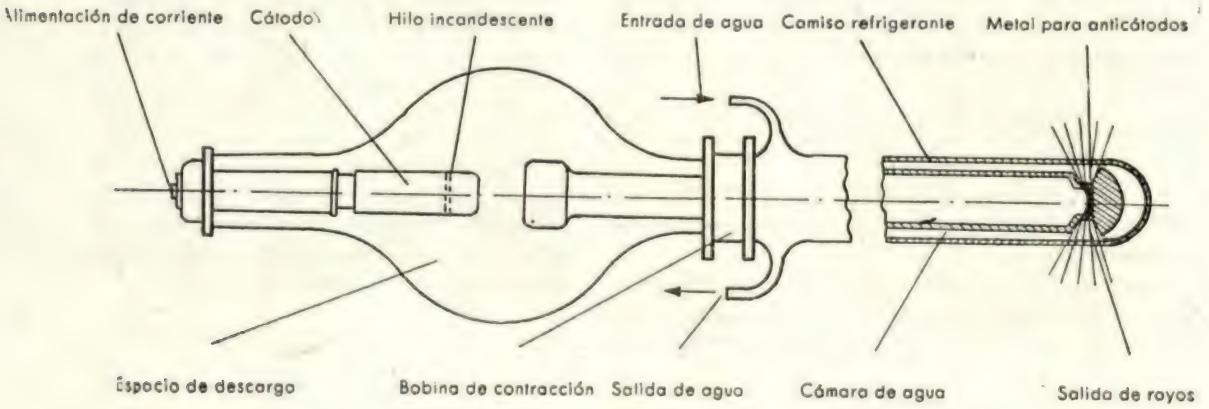


Fig. 1

A verificação dos materiais pelos raios X, pode fazer-se:

1. Pelo processo *subjectivo;*
2. Pelo processo *objectivo.*

No primeiro utiliza-se um écran luminoso que transforma os raios Roentgon em radiações visíveis, por meio do Wolframato de cádmio ou do platinocianeto de bário.

No processo *objectivo* faz-se uso de material fotográfico sensível aos raios X.

Entre os dois processos, a escolha depende da visibilidade exigida para os defeitos e das dimensões da proveta a examinar. Porém, quando a natureza do

que pode aparecer também quando se colocar a proveta a uma distância da película superior à conveniente. Também o ângulo de radiação não deverá ser inferior a 40°, sob pena de obtermos grandes desfigurações.

O tempo de exposição depende, naturalmente, da densidade e da secção da peça a examinar, das distâncias já referidas e, também, da grandeza das tensões e correntes aplicadas no tubo Roentgen.

O exame pelos raios X é aplicado hoje, não só na construção de motores de viação, como também em outros — quási todos — ramos da indústria. Assim, as fundições usam-no para observar a granulação e a permeabilidade das areias para moldes e machos, os construtores de pontes, de caldeiras de vapor, de navios, de estruturas metálicas diversas, etc., avaliam, por êle, da

segurança das ligações soldadas e da qualidade dos materiais.

A fábrica de motores da «Junkers Flugzeug und Motorenwerke A. G.», reconhecendo a importância

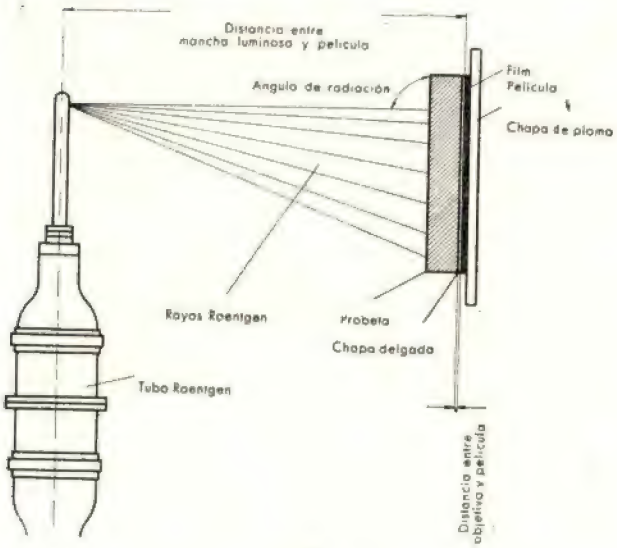


Fig. 2

desta forma de contrôle dos materiais de construção, começou a utilizá-lo há cêrca de uma dezena de anos, possuindo hoje uma das maiores instalações Roentgen do Reich, destinada a:

1.º — Controlar a recepção de tôdas as peças fabricadas no exterior, como fundição de ligas leves e casquilhos de chumaceiras.

2.º — Examinar tôdas as soldaduras executadas nas oficinas e os defeitos de todos os materiais empregados na construção.

Nestas condições, tôdas as peças grandes são examinadas objectivamente, enquanto que as peças pequenas de fundição se observam pelo processo subjectivo. Na fig. 3 se mostra a disposição usada para observar duas centenas de peças numa só exposição, como convém às necessidades da fabricação em série.

Também, graças a dispositivos especiais, o exame dos casquilhos para chumaceiras pode fazer-se à cadência de 30 a 40 por cada exposição

O contrôle Roentgenológico será eficiente e econó-

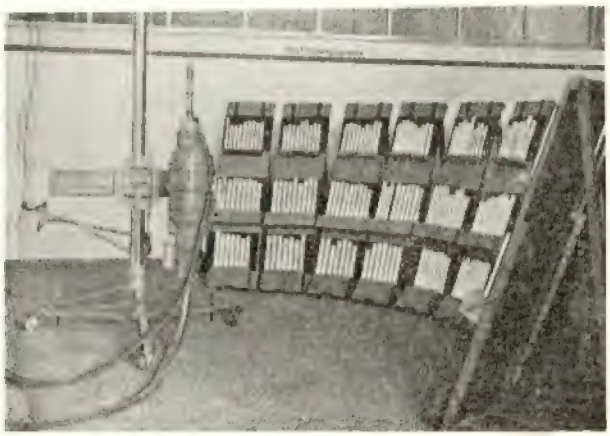


Fig. 3

mico quando se possa eliminar imediatamente os defeitos descobertos. Isto exige, portanto, uma íntima colaboração entre o observador, o fundidor e o soldador. Também o engenheiro poderá recolher importantes indicações para modificar o desenho das peças em que se verifiquem amiúde determinados defeitos.

Pelo exposto, pode afirmar-se que a Técnica conseguiu já elevar consideràvelmente o rendimento e a qualidade da produção industrial em tôdas as instituïções onde o exame roentgenológico dos materiais foi introduzido por orientadores conscientes.

(De *Junkers Nachrichten*)

NOTAS BIBLIOGRÁFICAS

Manual de Astronomia Geodésica

Pelo 1.º T.te Eng. H.º PIRES DE MATOS

O Sindicato Nacional dos Engenheiros Geógrafos, numa iniciativa francamente louvável que devia ser seguida pelas demais associações técnicas existentes resolveu publicar 3 séries de trabalhos, em que se tratam de assuntos intimamente ligados com a profissão dos seus associados. Para iniciar a 2.ª série dessas publicações, apareceu o Manual de Astronomia Geodésica, em que o seu Autor expõe com bastante clareza e duma maneira prática, os métodos de observação e cálculo adoptados nalgumas missões hidrográficas.

Fundamentalmente o Manual compreende três partes em que se estudam os três problemas essenciais da geodesia: Latitude, Longitude, Azimute.

Para a observação da latitude, adopta o Autor, o método de Horrebow-Talcott por lhe parecer mais rápido e dum rigor semelhante ao método de Struve. A exposição daquele método, é feita no manual por algumas considerações de ordem teórica, seguidas das normas a observar na determinação da latitude pelo método indicado; e, para maior clareza apresenta-se um exemplo do cálculo da latitude dum marco astronómico da Colónia de Angola.

Na determinação do intervalo de tempo, que decorre entre a passagem da estrêla pelo meridiano instrumental e pelo meridiano verdadeiro, usa o Autor, assim como os Serviços Hidrográficos a fórmula de Tobias Mayer; cuja aplicação é facilitada pelo emprêgo da tabela dos coeficientes, que vem transcrita no Manual.

Em seguida, dá-nos, o presente livro além de indicações sôbre o modo de organizar a lista de estrêlas a observar, e a maneira de efectuar essas observações, outras indicações necessárias para a determinação do tempo, e, para complemento, apresenta um exemplo completo da determinação do tempo, resolvido pelo método rigoroso dos mínimos quadrados, e pelo método abreviado.

Para a observação do azimute, o Autor, indica o modo de efectuar a selecção das estrêlas, e as normas a seguir nas observações; e, prosseguindo, apresenta vários processos de cálculo de azimute, tendo prèviamente indicado as correcções que se devem efectuar, tais como, correcção da inclinação do eixo secundário, correcção da curvatura, correcção da aberração diurna.

Dêste modo, o Manual de Astronomia Geodésica, sendo um excelente guia para a resolução de certos problemas, coaduna-se perfeitamente com a idéia que preside às publicações da 2.ª série do Sindicato Nacional dos Engenheiros Geógrafos: «*Manuais de campo, de carácter prático, mas com o nível científico das publicações saídas sob a égide de um sindicato de técnicos universitários*».

F. M.

PUBLICAÇÕES RECEBIDAS

Publicações não periódicas

Estatística das Instalações Eléctricas em em Portugal — Ano de 1940 — Junta de Electrificação Nacional.

Paisagem e Monumentos de Portugal, por Luiz Reis Santos e Carlos Queiroz — Fotografias de Mário Novais — Edição do S. P. N.

Sinopse alfabética dos minerais mais vulgares, compilada por Armando Xavier da Fonseca, Agente Técnico de engenharia civil e de Minas.

Estudos Italianos em Portugal — Publicação do Instituto de Cultura Italiana em Portugal.

A Previdência — Conferências promovidas pela Liga Portuguesa de Profilaxia Social e proferidas pelos Drs. António Pedroso Pimenta e Vítor Hugo Moreira Fontes.

Anais da Faculdade de Farmácia do Pôrto — Publicado sob a direcção do Prof. A. de Albuquerque.

Publicações periódicas

PORTUGAL

ANAIS DO CLUB MILITAR NAVAL — Setembro-Outubro de 1941.

A GRANJA — Janeiro de 1942.

A INDÚSTRIA DO NORTE — Outubro-Dezembro de 1941.

BOLETIM DA ORDEM DOS ENGENHEIROS — Janeiro de 1942.

BOLETIM DA SOCIEDADE DE GEOGRAFIA — Novembro-Dezembro de 1941.

ESTUDOS — Fasc. 7 e 8 — 1941.

GAZETA DE MATEMÁTICA — Janeiro de 1942.

GIL VICENTE — Novembro e Dezembro de 1941.

NEPTUNO — Dezembro de 1941 e Janeiro de 1942.

INDÚSTRIA PORTUGUESA — Janeiro de 1942.

CLÍNICA, HIGIENE E HIDROLOGIA — Novembro de 1941.

SEARA NOVA — N.os 751 a 758.

ARGENTINA

LA INGENIERIA — Agôsto-1941. Número especial.
TÉCNOQUIMICA — Novembro de 1941.

BÉLGICA

ARCOS — Outubro de 1941.

CHILE

REVISTA DE CAMINOS — Setembro de 1941.

ESPANHA

REVISTA DE OBRAS PÚBLICAS — Fevereiro de 1942.

CEMENTO — Novembro e Dezembro de 1941 e Janeiro de 1942.

DYNA — REVISTA DA ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE ENGENHEIROS INDUSTRIAIS — Fevereiro de 1942.

FRANÇA

LA CHRONIQUE DES MINES COLONIALES — Jeneiro de 1942.

HUNGRIA

TECHNIKA — Janeiro de 1942.

ITÁLIA

L'ORGANIZAZIONE SCIENTIFICA DEL LAVORO — Dezembro de 1941.

ANNALI DEI LAVORI PUBLICI — Dezembro, 1941

RADIO-TELEVEZIONE — Novembro de 1941.

SUÍÇA

BULLETIN OERLIKON — Maio, Junho, Julho, Agôsto, Setembro e Outubro de 1942.

TÉCNICA

REVISTA DE ENGENHARIA, DOS ALUNOS DO I. S. T.

DIRECTOR: NUNO ABRANTES
ADMINISTRADOR: LUIZ DE ALMEIDA ALVES
BIBLIOTECÁRIO: JOSÉ DE LUCENA
CORPO REDACTORIAL: FERNANDO MONJARDINO, FRANCISCO ALMEIDA E CASTRO
JOSÉ PASSOS COELHO, FERNANDO MOITINHO DE ALMEIDA,

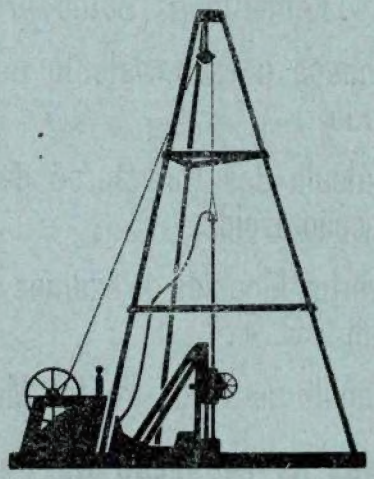
Propriedade e Edição da A. E. I. S. T.

Sondages. Etanchements. Consolidations "Procédés Ródio"

Sondagens geológicas
Estudo da resistência e permeabilidade de terrenos; laboratório geofísico
Consolidação e impermeabilização de terrenos e alvenarias por meio de injecções de cimento, produtos químicos, emulsão betuminosa Shell-perm, etc.
Estacas de beton armado, sistema **Ródio** sem fazer trepidar o solo
Rebocos comprimidos por «cement gun»
Fundações em terrenos difíceis por congelação artificial, ou baixando o nível da água friática.

Sociedade Anónima com séde em PARIS

As melhores referências no paiz e no estrangeiro

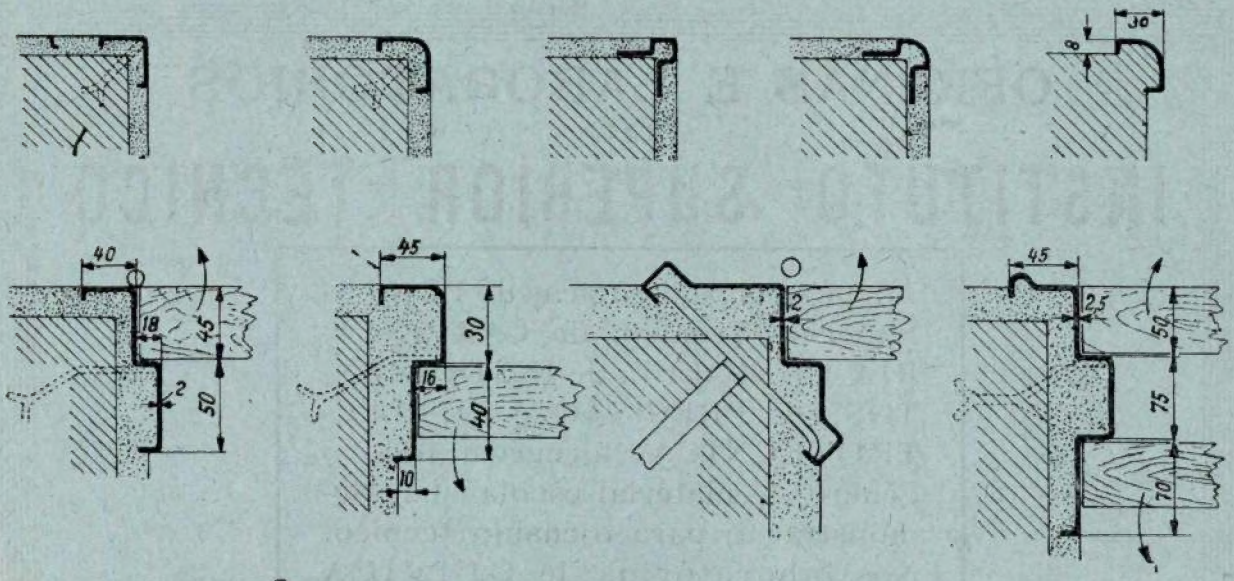


Engenheiro delegado para Portugal

Walter Weyermann

P. do Município, 32-2.º--LISBOA Tel. 2 8685

ALGUNS EXEMPLOS DOS PERFIS QUE SE PODEM REALIZAR



LISBOA **FÁBRICA PORTUGAL**

FABRICAÇÃO DE PERFIS DE CHAPA PARA TODOS OS GENEROS DE TRABALHOS DE CONSTRUÇÃO CIVIL

UMA REVOLUÇÃO NA CONSTRUÇÃO CIVIL

PUBLICAÇÕES DA TÉCNICA

Tabelas para o Cálculo do Betão Armado Eng. VASCO COSTA

Normas e Regulamentos para Instalações Eléctricas

Regulamento do Betão Armado

Ábacos para o Cálculo de Betão Armado Eng. VASCO COSTA

Cálculo dos Colectores de esgoto de secção ovoide Eng. José Gomes Alvarez

Pontos Modelos de exames de aptidão ao I. S. T.

Regulamento de Pontes Metálicas

A' venda na redacção da TECNICA

EMULSÕES

de asfalto para estradas

Todos os tipos e percentagens

TELEFONE 20879
Telegramas: Epalda — LISBOA

FÁBRICA EM SACAVÉM

OFICINAS E LABORATÓRIOS DO INSTITUTO SUPERIOR TÉCNICO

As oficinas pedagógicas do Instituto Superior Técnico, de CARPINTARIA DE MOLDE, de INSTRUMENTOS DE PRECISÃO e de ELECTROTÉCNICA, fornecem todo o género de material escolar e de demonstração para o ensino técnico. Nos laboratórios de QUÍMICA ANALÍTICA, FÍSICA INDUSTRIAL E DE MINERALOGIA executam-se análises para o público

Para quaisquer informações, dirigir-se ao secretário da comissão executiva

EMPRÊSA DE SONDAGENS E FUNDAÇÕES, L.DA

COM

Eng. Ricardo E. Teixeira Duarte

(um quarto de século de especialização técnica)

Sondagens geológicas

—

Poços artezianos

—

Rebaixamentos do nível freático

—

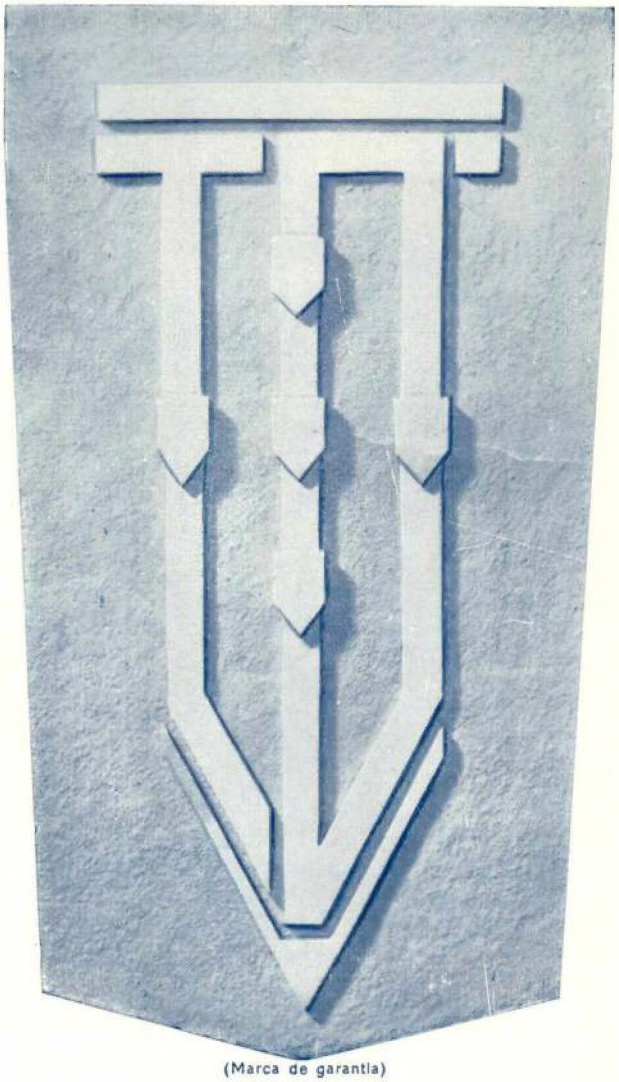
Consolidações do solo

—

Impermeabilização de rochas

—

Captações de água subterrânea



(Marca de garantia)

Fundações de todos os géneros

—

Alicerces económicos

—

Estacas de todos os tipos

—

Consolidação de más fundações

—

Obras hidráulicas

—

Obras subterrâneas

LISBOA — RUA AUGUSTA, 280, 3.° E 4.°

TELEFONE 2 3962

SOCIEDADE ANÓNIMA

BROWN, BOVERI & CIE.

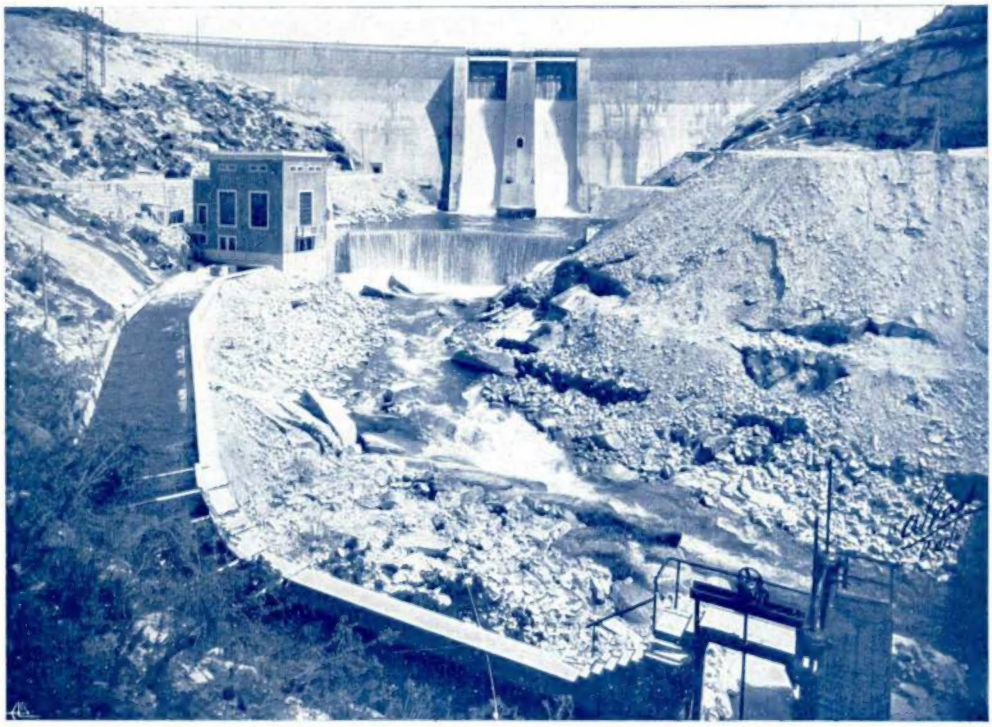
BADEN (SUISSA)

Representante geral para Portugal e Colónias:

EDOUARD DALPHIN

Escritório Técnico: Rua de Passos Manuel, 191, 2.º // PORTO // Tel. 2411

Máquinas eléctricas, transformadores, mutadores, aparelhos para alta e baixa tensão. Montagem completa de centrais termo e hidro-eléctricas. Electrificação de fábricas e de caminho de ferro. Locomotivas, e auto-motoras eléctricas e Diessel-eléctricas. Máquinas de extracção. Turbinas a vapor. Geradores de vapor Velox. Máquinas frigoríficas. Grupos e transformadores para a soldadura pelo arco. Fornos eléctricos. Comandos eléctricos especiais para tôdas as máquinas utilizadas nas Fábricas de Fiação, Tecelagem, Acabamentos, Estamparia, Cimento, Moagem, etc.



Barragem do Ermal, da Companhia Electro-Hidráulica de Portugal, com 20 milhões de metros cúbicos de capacidade da albufeira. Na parte central, duas comportas automáticas, da casa construtora «Ateliers des Charmilles», de 9 × 5 metros, para a evacuação das cheias. Em baixo, a central automática de Guilhofrei (I) com uma turbina vertical tipo Kaplan (Ateliers des Charmilles) de 2750 cavalos e o canal de condução da água à central do Ermal (central II) com uma turbina vertical tipo Francis de 6250 cavalos (Ateliers des Charmilles) e duas horizontais (Escher-Wyss) de 500 e 1500 cavalos. Tôda a parte eléctrica (alternadores, transformadores, aparelhos de 2000 e 30000 Volts) da casa BROWN, BOVERI & Cie.